Handbuch der Forstwissenschaft

Dritte Auflage

2

W. E. Hiley.
School of Forestry.
Oxford.
1921.

Handbuch der Forstwissenschaft

begründet von Professor Dr. Tuisco Lorey

Dritte, verbesserte und erweiterte Auflage

in Verbindung mit

Professor Dr. J. von Bauer in Wien (Ausgabe B) — Professor R. Beck in Tharandt — Professor Dr. W. Borgmann in Tharandt — Professor Dr. Büsgen in Hann.-Münden — Gerichtsrat Professor Dr. C. Dickel in Berlin (Ausgabe A) — Forstamtmann Dr. V. Dieterich in Stuttgart — Professor Dr. K. Eckstein in Eberswalde — Professor Dr. M. Endres in München — Geh. Hofrat Professor Dr. C. Fromme in Gießen — Forstdirektor a. D. Dr. H. von Fürst in Aschaffenburg — Hofrat Professor Dr. A. Ritter von Guttenberg in Wien — Professor Dr. H. Hausrath in Karlsruhe — Professor Dr. M. Helbig in Karlsruhe — Forstmeister Dr. G. Janka in Mariabrunn — Geh. Hofrat Professor Dr. L. Klein in Karlsruhe — Professor Dr. U. Müller in Karlsruhe — Rittergutsbesitzer H. von Salisch in Postel — Dozent Dr. J. Schmidt in Wien — Geh. Regierungsrat Professor Dr. A. Schwappach in Eberswalde — Ministerialrat Professor F. Wang in Wien — Regierungsdirektor Dr. L. Wappes in Speyer — Professor Dr. H. Weber in Gießen

herausgegeben von

Dr. Christof Wagner,

o. Professor der Forstwissenschaft an der Universität Tübingen.

In vier Bänden.

Zweiter Band.

Produktionslehre.

Mit 49 Abbildungen im Text und zwei farbigen Tafeln.

Tübingen
Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung
1912.

Produktionslehre.

In Verbindung mit

R. Beck, H. Fürst, F. Wang, G. Janka,
V. Dieterich, J. Schmidt

herausgegeben

von

Christof Wagner.

Mit 49 Abbildungen im Text und zwei farbigen Tafeln.

Tübingen
Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung
1912.

Druck von H. Laupp jr in Tübingen.

Inhaltsübersicht des zweiten Bandes
(Abschnitt VI—IX).

VI. Waldbau.

Von

Tuisko Lorey.

Für die dritte Auflage bearbeitet von R. Beck.

VII. Forstschutz.

Von

Hermann Fürst.

Mit 2 farbigen Tafeln.

VIII. Die Wildbach- und Lawinenverbauung.

Von

Ferdinand Wang.

Mit 41 Abbildungen.

IX. Die Forstbenutzung.

A. Die technischen Eigenschaften der Hölzer.

Von

Wilhelm Franz Exner.

Für die 3. Auflage bearbeitet von G. Janka.

Mit 3 Abbildungen.

B. Die Hauptnutzung.

(Ernte, Verwertung und Aufbewahrung von Holz und Rinde.)

Von

Hermann Stoetzer.

Für die 3. Auflage bearbeitet von C. Wagner.

Mit 5 Abbildungen.

C. Die Nebennutzungen im Walde.

Von

Viktor Dieterich.

D. Forstlich-Chemische Technologie.

Von

Franz Schwackhöfer.

Für die 3. Auflage bearbeitet von J. Schmidt.

VI.

Waldbau.

Von

Tuisko Lorey.

Für die 3. Auflage bearbeitet von R. Beck.

Literatur: a) Das ganze Gebiet behandelnde Werke: Hartig, G. L., Anweisung zur Holzzucht für Förster, 1. Aufl. 1791, 7. Aufl. 1818. — Cotta, H., Anweisung zum Waldbau, 1. Aufl. 1817, 9. Aufl. (ed. H. v. Cotta) 1865. — Pfeil, Die deutsche Holzzucht, 1860. — Gwinner, H. W., Der Waldbau, 1. Aufl. 1834, 4. Aufl. (ed. Dengler) 1858. — Stumpf, C., Anleitung zum Waldbau, 1. Aufl. 1849, 4. Aufl. 1870. — Heyer, C., Der Waldbau, 1. Aufl. 1854, 5. Aufl. (ed. R. Heß) 2 Tle. 1906/09. — Burckhardt, H., Säen und Pflanzen, 1. Aufl. 1855, 6. Aufl. (ed. A. Burckhardt) 1893. — Gayer, K., Der Waldbau, 1. Aufl. 1880, 4. Aufl. 1898. — Perona, Selvicoltura, 1880. — Fischbach, Praktische Forstwirtschaft 1880. — Wagener, G., Der Waldbau und seine Fortbildung, 1884. — Ney, C., Die Lehre vom Waldbau, 1885. — Borggreve, B., Die Holzzucht, 1. Aufl. 1885, 2. Aufl. 1891. — Weise, W., Leitfaden für den Waldbau, 1. Aufl. 1888, 3. Aufl. 1903. — Mayr, H., Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage, 1909. — Dittmar, Waldbau, 1910. — Schlich, W., Sylviculture, 3. ed. 1904. — Wagner, C., Die Grundlagen der räumlichen Ordnung im Walde, Tübingen 1907, 2. Aufl. 1911. — b) Spezialschriften, u. a.: Heyer, G., Verhalten der Waldbäume gegen Licht und Schatten, 1852. — Heß, R., Eigenschaften und Verhalten der Holzarten, 1. Aufl. 1883, 3. Aufl. 1905. — Beil, A., Forstwirtschaftl. Kulturwerkzeuge, 1846. — Jäger, J. P. E. L., Das Forstkulturwesen, 1. Aufl. 1850, 3. Aufl. 1874. — v. Buttlar, R., Forstkultur-Verfahren, 1853. — v. Manteuffel, H. E., Hügelpflanzung der Laub- und Nadelhölzer, 1. Aufl. 1855, 3. Aufl. 1865. — v. Alemann, F. A., Ueber Forstkulturwesen, 1. Aufl. 1851, 3. Aufl. 1884. — Urff, Ueber Forstkulturen, 1885. — Fürst, H. Die Pflanzenzucht im Walde, 1882, 4. Aufl. 1907. — Homburg, Die Nutzholzwirtschaft im geregelten Hochwald-Ueberhaltbetrieb, 1878, 2. Aufl. 1890. — Brünings, Der Anbau der Hochmoore, 1881. — Fürst, H., Plänterwald oder schlagweiser Hochwald, 1885. — Gayer, K. Der gemischte Wald, 1886. — Krahe, Rationelle Korbweidenkultur, 5. Aufl. 1897. — Brecher, Aus dem Auen-Mittelwalde, 1886. — Kraft, G., Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben, 1884. — Derselbe, Beiträge zur Durchforstungs- und Lichtungsfrage, 1889. — Kautsch, Beiträge zur Frage der Weißtannenwirtschaft, 1895. — Hamm, T., Der Ausschlagwald, 1896. — Boden, Die Lärche, 1899. — Gerhardt, P., Handbuch des deutschen Dünenbaus, 1900. — Schwappach, A., Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten, 1901. — Booth J., Die Einführung ausländischer Holzarten in Preußen, 1903. — Mayr, H., Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa, 1906. — Godbersen, Kiefer, 1904. — Kern, E., Erfahrungen im Korbweidenbau, 1904. — Jankowsky, R., Begründung naturgemäßer Hochwaldbestände, 3. Aufl. 1904. — Frömbling, C., Buchenhochwaldbetrieb, 1908. — Erdmann, F., Die Heideaufforstung, 1904. — Reuß, H., Die forstliche Bestandsbegründung, 1907. — Metzger, Dänische Geräte zur Bodenbearbeitung, 1906 und 1908. — G. K. Spitzenberg, Die Spitzenberg'schen Kulturinstrumente, 2. Aufl. 1898. — C. R. Heck, Freie Durchforstung, 1904. — Michaelis, Gute Bestandspflege und Starkholzzucht, 1907. — Düesberg, R., Der Wald als Erzieher, 1910.

Einleitung: Begriff, Zwecke und Ziele, Hilfsfächer, Einteilung.

§ 1. Begriff, Zwecke und Ziele. Der Waldbau oder die Bestandeszucht befaßt sich mit der Begründung und Erziehung der Bestände. Alle waldbaulichen Maßnahmen bezwecken die Schaffung von solchen Holzbeständen, welche dem Wirtschaftszweck möglichst vollkommen entsprechen. Diesen bezeichnet der Waldbesitzer, sein Wille ist maßgebend; in der Regel wird tunlichst hoher Wert der Holzbestände angestrebt, gegeben in der Ertragsleistung. Der Wert und damit das Ziel der Wirtschaft kann dabei in verschiedener Weise bestimmt werden, nämlich entweder als absolut höchstmöglicher Ernteertrag auf gegebener Waldbodenfläche oder als relativ, d. h. im Vergleich zu dem Aufwand, höchst mögliche Produktionsleistung. Welcher Gesichtspunkt maßgebend sein soll, ist von Fall zu Fall zu bestimmen. Im allgemeinen ist die höchste Rentabilität das Ziel jeder rationellen Wirtschaft; jene zu bemessen, ist Sache der forstlichen Statik. Da der Ertrag und somit jede Entscheidung, welche die Statik treffen kann, in erster Linie vom Preise der Produkte abhängt, so darf im Wirtschaftswalde unter allen Umständen nur marktfähige Ware erzogen werden.

Von anderen als wirtschaftlichen Werten wird hier abgesehen, weil die Fälle, in welchen solche, wie z. B. Gewährung ästhetischer Genüsse (Parkanlagen etc.), erstrebt werden, doch nur als Ausnahmen zu betrachten sind. Von besonderen waldbaulichen Vorkehrungen aus Rücksichten des Schutzes (Klima, Boden etc.) wird gelegentlich die Rede sein. — Die Definierung des Waldbaus als „Forstproduktenzucht" (C. Heyer) oder „Holzzucht" (G. L. Hartig, Pfeil, Borggreve) ist hier ersetzt durch „Bestandeszucht". Einerseits schien es nicht angezeigt, die Aufgabe des Waldbaus auf die Anzucht sämtlicher Nebennutzungen, insbesondere derjenigen auszudehnen, welche, wie Wild, Torf, Wiesengras, landwirtschaftliche Gewächse usw., nicht Teile des Bestandes sind, während andererseits die Beschränkung auf das Holz eine zu enge Umgrenzung darstellt, da solche Nebennutzungen, welche, wie Lohrinde, Futterlaub, Mast, event. Gras auf Mähplatten usw., an die betreffenden Bestände gebunden sind, dann im Waldbau eine Stelle finden sollten, wenn sie irgendwelche besondere, die Bestandesbegründung oder -erziehung beeinflussende wirtschaftliche Vorkehrungen veranlassen.

In der Waldbaulehre sind alle Operationen vorzutragen, welche, je nach Lage der konkreten Umstände, zum Ziel führen können; dabei sind die allgemeinen Gründe, welche für oder gegen die einzelnen Möglichkeiten sprechen, zu entwickeln. Der waldbaulichen Praxis bleibt es dann überlassen, unter den jeweils gegebenen besonderen Verhältnissen zur Erreichung des erstrebten Zieles aus der Zahl der möglichen Wege denjenigen auszuwählen, welcher in bezug auf die Faktoren: Raschheit und Sicherheit des Erfolgs und Kostenaufwand die günstigste Kombination darbietet. Die Modifikationen der dem Waldbau gestellten Aufgaben und der zu ihrer Lösung verfügbaren Mittel sind äußerst mannigfaltig. Dieser Vielgestaltigkeit der Fälle gegenüber gibt es keine unbedingt besten waldbaulichen Maßregeln, sondern jede der letzteren kann unter bestimmt umgrenzten Voraussetzungen ihre Berechtigung haben. Was am einen Orte bewährt ist, kann unter veränderten Bedingungen an einem andern Orte weniger gut, ja schlecht sein und darum durch eine abweichende Behandlung ersetzt werden müssen. Die fast unbeschränkte Vielheit der Verschiebungen, welche sich in dem Zusammenwirken der bei der Beurteilung der Fälle hauptsächlich entscheidenden Elemente, wie Standort, Holzart, Absatzverhältnisse usw. ergeben, schließt die einseitige Bevorzugung einer bestimmten Richtung von vornherein aus. Man kann die Zahl der als wirtschaftlich berechtigt anzuerkennenden Möglichkeiten verkleinern, darf jedoch niemals so weit gehen, daß in dem derart verengerten Rahmen nicht mehr alle im Walde wirklich vorkommenden Fälle Platz finden.

Verbietet nun auch jene Mannigfaltigkeit der Umstände die strikte Anwendung jeder Schablone im Waldbau, so müssen doch, wie schon oben angedeutet wurde,

gewisse, allgemein leitende Ziele für die forstliche Produktion aufgestellt werden. Ausgangspunkt für alle Erwägung ist hierbei zunächst der Standort. Durch diesen ist — wenn man von absolut besten Böden und Lagen absieht, welche auch kaum je in großer Ausdehnung dem Forstwirtschaftsbetrieb überwiesen sind — immer nur eine beschränkte Reihe von waldbaulichen Möglichkeiten bedingt, unter denen man zu wählen hat. Die Entscheidung wird durch die im übrigen zu beachtenden Momente (Wert der Produkte, Absatzgelegenheit, Gewährung gewisser Nebennutzungen, Arbeitsgelegenheit usw.) begründet. So kann z. B. für viele Standorte als waldbaulich möglich, bezw. mit gleicher Aussicht auf Erfolg ausführbar, die Anzucht der Buche mit eingesprengten Eichen, Eschen, Ahornen und andererseits etwa der Fichte oder Tanne, beides unter mehrfacher Modifikation bezüglich des Verfahrens im einzelnen (Art der Bestandsbegründung, des Durchforstungsbetriebs usw.) in Frage kommen. Die Entscheidung liegt dann außerhalb des Waldbaus. Der letztere zeigt, zunächst unabhängig von anderen Rücksichten, wie man auf einer Waldbodenfläche, eventuell in verschiedener Weise, Bestände schaffen kann. Auf Grund statischer Untersuchungen, welche alle konkurrierenden Momente, insbesondere auch die volkswirtschaftlichen, bei der Begutachtung einbeziehen müssen, erhalten dann die waldbaulichen Operationen jeweils ein örtlich und zeitlich modifiziertes Gepräge. Je nachdem der spezielle Wirtschaftszweck ein verschiedener ist, erstehen in der Folge, durch die Kunst des Wirtschafters, auch unter gleichen äußeren Bedingungen ganz verschiedene Bestandesbilder.

Daß alles, was erreicht werden soll, mit möglichst geringem Aufwand erreicht werde, ist oberster Wirtschaftsgrundsatz. Daraus folgt, daß nicht nur die direkten Ausgaben, natürlich immer unter der Voraussetzung eines genügenden Erfolgs, auf ein geringstes Maß beschränkt werden müssen, sondern namentlich auch, daß an Zeit möglichst zu sparen ist. Jede Abkürzung der Umtriebszeit ist im allgemeinen ein Gewinn in dem Sinne, daß alle wirtschaftlichen Maßnahmen, welche uns ohne unverhältnismäßige Kostenmehrung gestatten, die erforderliche Menge an Produkten von bestimmter Beschaffenheit (z. B. Nutzholzstämme einer gewissen Stärke) in kürzester Zeit zu erziehen, vor anderen den Vorzug verdienen, um so mehr, als dadurch auch die für das Einzeljahr des Umtriebs verfügbare Fläche entsprechend größer ausfällt.

Das Bestreben, den Produktionsaufwand im ganzen und im einzelnen tunlichst herabzumindern, schließt überdies auch die Forderung sorgfältigster Schonung des Bodenkapitals ein. Unsere waldbauliche Arbeit muß die Erhaltung und womöglich Mehrung derjenigen Eigenschaften des Bodens, von welchen dessen Leistungsfähigkeit abhängt, gewährleisten. In dieser Erwägung bietet sich für die Beurteilung der einzelnen wirtschaftlichen Operationen sowie ganzer Betriebsarten ein bisher nicht berührter, überaus wichtiger Maßstab dar: die Nachhaltigkeit der Waldwirtschaft ist wesentlich davon abhängig, daß der einzelne Bestand keinenfalls mehr als die Zinsen des Bodenkapitals, nicht aber Teile des letzteren selbst für sich beansprucht. Ja man sieht sich sehr häufig vor die Aufgabe gestellt, vor allem eine Besserung des Bodenproduktionsvermögens durch richtig gewählte und durchgeführte waldbauliche Operationen zu bewirken, auch wenn dadurch unter Umständen erhebliche Ausgaben veranlaßt werden. Immerhin ist die Bodenpflege stets nur Mittel zum Zweck, und Aufwendungen in dieser Richtung sind nur so lange zu rechtfertigen, als sie sich in dem höheren Wert der demnächst und in der Zukunft erwachsenden Bestände belohnt machen.

§ 2. Hilfsfächer, Einteilung: Diejenigen Disziplinen, deren Kenntnis

der Waldbau voraussetzen muß, die also füglich als Hilfsfächer desselben bezeichnet werden können, sind Standortslehre, bezw. Bodenkunde und Klimatologie, sowie die Forstbotanik, einschließlich Physiologie und Biologie der Holzgewächse.

Das Gesamtgebiet des Waldbaus läßt sich folgendermaßen einteilen:

I. Das Bestandesmaterial; II. die Betriebsarten; III. die Bestandesbegründung; IV. die Bestandeserziehung.

Erster Abschnitt.

Das Bestandesmaterial.

§ 3. In diesem Abschnitte ist im wesentlichen die Wahl der geeignetsten Holzart zu besprechen und damit eine wichtige Vorfrage für alle waldbauliche Tätigkeit zu erledigen.

Die waldbaulich wichtigeren Holzarten sind:

a) Laubhölzer: Rotbuche, Fagus silvatica, — Stieleiche, Quercus pedunculata, — Traubeneiche, Quercus sessiliflora, — Roteiche, Quercus rubra, — Kastanie, Castanea vesca, — Hainbuche (Weißbuche, Hagebuche, Hornbaum), Carpinus betulus, — Rüster, Rusche oder Ulme, Ulmus (effusa, campestris und montana), — Esche, Fraxinus excelsior, — Weißesche, Fraxinus alba, — Ahorn, Acer (pseudoplatanus, platanoides, campestre), — Erle, Alnus (glutinosa, incana, viridis), — Birke, Betula (verrucosa, pubescens), — Sorbus-Arten, z. B. die Vogelbeere, S. aucuparia; Elsbeere, S. torminalis; Mehlbeere, S. Aria, — Linde, Tilia (parvifolia und grandifolia), — Falsche Akazie, Robinia Pseudacacia, — Zitterpappel (Aspe), Populus tremula, und sonstige Pappeln, wie P. alba, nigra, canadensis, — Weide, Salix (caprea, fragilis, amygdalina, acutifolia, alba, viminalis, daphnoides, purpurea), — Walnuß, Juglans (nigra, cinerea), — Hickory, Carya alba.

b) Nadelhölzer: Weißtanne (Edeltanne), Abies pectinata, — Fichte, Picea excelsa, — Sitkafichte, Picea sitchensis, — Weißfichte, Picea alba, — Stechfichte, Picea pungens, — gemeine Kiefer (Föhre, Forle, Forche), Pinus silvestris, — Schwarzkiefer, Pinus Laricio austriaca (syn. nigricans) und Pin. Laricio Poiretiana (syn. corsicana), — Bergkiefer (Legföhre), Pinus montana, — Zürbelkiefer (Arve), Pinus Cembra, — Weymouthskiefer, Pinus Strobus, — Bankskiefer, Pinus Banksiana, — Pechkiefer, Pinus rigida, — Lärche, Larix europaea, — Japanische Lärche, Larix leptolepis, — Douglasie, Pseudotsuga douglasii, und Ps. glauca, — Lawsonszypresse, Chamaecyparis Lawsoniana, — Riesenlebensbaum, Thuja gigantea.

Bestimmend bei der Wahl der Holzart sind die waldbaulichen Eigenschaften, sowie die wirtschaftliche Bedeutung der einzelnen Art.

Waldbauliche Eigenschaften der Holzarten.

Sie kommen zum Ausdruck in den Standortsansprüchen, in den Entwicklungs- und Wuchsverhältnissen des einzelnen Baumes und im Verhalten der Holzart im Bestand.

I. Standortsansprüche.

§ 4. Mit Standort bezeichnet man die Gesamtheit der durch Lage und Boden bedingten Einwirkungen, unter denen eine Holzart lebt. Die Beziehungen im einzelnen, welche zwischen Standort und Holzart bestehen, sind in diesem Handbuche im wesentlichen in der Standortslehre, sowie zum Teil in der Forstbotanik (s. dort) erörtert. Es handelt sich dabei hinsichtlich der Lage um die allgemeine geographische Lage, sowie um die durch Meereshöhe, Neigungsrichtung und Neigungswinkel,

Bodenausformung und Umgebung des Waldortes näher umschriebene ö r t l i c h e Lage. Der B o d e n wird durch seine Nährkraft, d. h. durch seine chemische Zusammensetzung und weiterhin durch seine physikalischen Eigenschaften nach Wert und Güte bestimmt.

Vom Standpunkte des Waldbaues aus möchte in Ergänzung der vorausgehenden Abschnitte Standortslehre und Forstbotanik des Handbuchs auf folgendes noch besonders hingewiesen werden.

A. Lage und Klima.

§ 5. Das Entscheidende für die Existenz von Baum und Wald ist die in ihren Hauptzügen von der geographischen Breite und Länge, von der Meereshöhe und von der Entfernung zum Meere näher bestimmte Lage, und zwar nicht deshalb, weil hin und wieder auch die Bodeneigenschaften mittelbar oder unmittelbar von ihr beeinflußt werden, sondern weil von ihr die das Pflanzenleben in erster Linie bedingenden klimatischen Verhältnisse abhängen. Der Boden kommt, sofern es sich nicht um Böden handelt, die aus geognostischen oder anderen Gründen an der unteren Grenze der Ertragsfähigkeit stehen, erst in zweiter Linie, namentlich bei Klimagleichheit, als bestimmender Faktor in Betracht.

So erklärt es sich, daß manche Holzarten, eben weil sie an bestimmte Lagen, d. h. an bestimmte klimatische Verhältnisse gebunden sind, im Waldbau eine weit weniger ausgedehnte Verwendung finden, als sie ihnen zugestanden werden könnte und wegen ihres wirtschaftlichen Wertes auch gern eingeräumt werden würde, wenn allein die Bodenansprüche maßgebend wären.

Die mit der Lage wechselnden, die Verteilung und Ausformung der Waldregionen regelnden Klimafaktoren sind Wärme (mittlere Jahrestemperatur), Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmenge, sowie Länge und Intensität der Frostperiode (Eintreten des ersten und letzten Frostes, tiefster Kältegrad). Von ihnen hängen zunächst Dasein und Charakter des Waldes, in gegebenem Waldgebiete aber auch der Erfolg der wirtschaftlichen Tätigkeit im Walde ab.

Wird als Maßstab für die W ä r m e a n s p r ü c h e der Holzarten der Durchschnittswert der Hauptvegetationszeit unserer nördlichen Halbkugel, d. i. Mai bis August, benutzt, so ist nach M a y r eine Durchschnittstemperatur (Viermonatstemperatur = Tetratherme) von mindestens 10° Bedingung für Ansiedelung und Entwicklung von Wald, d. h. von Bäumen, die höher als 8 m werden.

In bezug auf den zweiten, für die Waldbildung unbedingt notwendigen Faktor, die Feuchtigkeit, hält M a y r Waldansiedelung auf natürlichem Wege überall dort für ausgeschlossen, wo während der Hauptvegetationszeit weniger als 50 mm Regen fallen, gleichgültig, ob der Feuchtigkeitsgehalt der Luft hier hoch oder niedrig ist. Die Luftfeuchtigkeit spielt erst in jenen Länderstrichen eine Rolle, wo während der 4 Sommermonate zwischen 50 und 100 mm Regen fallen, insofern hier Waldbildung unterbleibt, wenn die Luftfeuchtigkeit während der Hauptvegetationszeit unter 50% herabsinkt. In Gebieten mit mehr als 100 mm Regen nimmt der Einfluß der Luftfeuchtigkeit in dem Maße wieder ab, in dem die Niederschlagsmenge zunimmt. Bei 70% Luftfeuchtigkeit und 100 mm Regenmenge kann jede Holzart gedeihen; ein Mehr von Feuchtigkeit sichert nur die natürliche und künstliche Verjüngung.

Je luftfeuchter und reicher an Niederschlägen ein Waldgebiet ist, um so müheloser und erfolgreicher sind alle unsere auf Verjüngung und Erziehung gerichteten waldbaulichen Maßnahmen. Feuchte Luft stumpft die extremen Temperaturgrade ab und verringert damit die Frostgefahr, während umgekehrt trockne Luft zu rasche-

rer Abkühlung und größeren Temperaturschwankungen hinneigt. Das niederschlagsreiche und in bezug auf Luftfeuchtigkeit gleichmäßigere Küsten- oder insulare Klima erleichtert deshalb, sofern nicht der Wind hier als störender Faktor auftritt, die Waldbildung und Waldbehandlung weit mehr als das Inlandsklima mit seinen Extremen in Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Die gegen Frost und Dürre empfindlichen Holzarten gedeihen z. B. in Deutschland im Osten weniger gut als im Westen, weil Luftfeuchtigkeit und Wärme hier in westöstlicher Richtung abnehmen. Je weiter der Einfluß der durch Winde von der See aus landeinwärts getragenen Feuchtigkeit reicht, um so günstiger gestalten sich die Verhältnisse für den Pflanzenwuchs im Innern der Kontinente. Sonst finden sich hier dem Küstenklima analoge Verhältnisse nur in den mit Wald bedeckten Gebirgen, wo vermehrte Niederschläge und eine konstante höhere Luftfeuchtigkeit der Waldbildung gleich förderlich sind wie im Küstengelände.

In ihrer Gesamtheit bestimmen die klimatischen Standortsfaktoren das nach Norden bezw. oben von der Kältegrenze, nach Süden bezw. unten von der Wärmegrenze umschlossene natürliche Verbreitungsgebiet einer jeden Holzart. Je nach den Ansprüchen an das Klima gruppieren sich die Holzgewächse nach Gattung und Art, so zwar, daß gleichen Klimazonen Bäume mit gleichen oder ähnlichen biologischen Eigenschaften entsprechen. Da mit der südlicheren Lage der einzelnen Klimazone die von ihr gebotene mittlere Wärmemenge zunimmt, sehen wir hier mehr Baumgattungen an der Waldbildung beteiligt als in den nördlicheren Zonen. Die Zahl der Gattungen und Arten nimmt von Süden nach Norden zu ab. Infolgedessen werden die Waldbilder nach Norden zu einheitlicher und einförmiger, während der Süden Holzarten mit weiter auseinander liegenden Ansprüchen und ferneren verwandtschaftlichen Beziehungen zum Nebeneinanderleben befähigt. Die in horizontaler Hinsicht, gewissermaßen im Grundriß, beim Durchwandern verschiedener Klimazonen von Süden nach Norden bemerkbare Erscheinung des Zurücktretens und allmählichen Verschwindens der einzelnen wärmebedürftigeren Holzarten wiederholt sich im Kleinen, im Aufriß, beim Besteigen jedes höheren Gebirges. Die Waldtypen, die uns im Süden in den höheren Erhebungen entgegentreten, finden wir in um so tieferen Lagen, schließlich in der Ebene, je mehr wir uns nach Norden bewegen.

Nach der vom Klima bedingten Anordnung der Baumarten unterscheidet Mayr 6 Waldzonen: die tropische Zone (Palmetum), die subtropische der immergrünen Eichen und Lorbeerbäume (Lauretum), die gemäßigt warme des winterkahlen Laubwaldes in ihrer wärmeren und kühleren Hälfte (Castanetum und Fagetum), die gemäßigt kühle der Fichten, Tannen und Lärchen (Picetum, Abietum oder Laricetum) und die kühle Zone der Krummhölzer und Halbbäume (Alpinetum oder Polaretum). Vom deutschen bezw. mitteleuropäischen Waldgebiete gehört der größte Teil dem Fagetum und der Region der Nadelhölzer an.

Es ist ohne weiteres klar, daß die Einreihung einer jeden Holzart in die ihr zukommende Waldzone diejenige Grundlage für Anbau und Erziehung aller Holzarten ist, ohne deren Beachtung eine erfolgreiche Waldwirtschaft nicht denkbar ist. Innerhalb ihrer Waldzone und zwar im mittleren Teile ihres ursprünglichen natürlichen Verbreitungsgebietes muß die einzelne Holzart die ihr zusagendsten klimatischen Verhältnisse und damit die Vorbedingungen zu höchsten Massen- und Wertsleistungen finden.

Sowohl in diesem Teile, dem klimatischen Optimum, wie überhaupt im gesamten natürlichen Verbreitungsgebiet einer Holzart sind nun aber die wichtigsten Klimafaktoren: Wärme, Luftfeuchtigkeit, Licht, Wind u. s. f. nicht überall gleiche.

Vielmehr vermag die sog. örtliche Lage den der allgemeinen geographischen Lage eigentümlichen Klimacharakter wesentlich zu beeinflussen. Dies führt dann zum Entstehen eines auf größerem oder kleinerem Gebiete herrschenden sog. örtlichen Klimas. Und dieses wiederum hat zur Folge, daß das Auftreten einer Holzart innerhalb ihres Verbreitungsgebietes kein einheitliches und gleichmäßiges ist, sondern um so verschiedenartiger sich gestaltet, je größer die von der Geländeausformung geschaffenen Unterschiede in der Meereshöhe, der Exposition, Abdachung und Oberflächengestaltung der einzelnen Standorte sind.

1. Die Meereshöhe beeinflußt zunächst die Temperatur, die Feuchtigkeit der Luft und die Niederschlagsmenge und führt in den höheren Lagen zu einer Verstärkung der durch Frost, Schnee und Winde der Baumvegetation zugefügten Schäden. Diese schädigenden klimatischen Einflüsse werden im Forstschutz (s. dort) näher besprochen. Hier sei nur ergänzend nochmals darauf hingewiesen, daß das verschiedene Wärmebedürfnis die Holzarten veranlaßt, verschiedene Regionen der absoluten Höhe aufzusuchen. Daß die oberen Grenzen des Vorkommens der einzelnen Holzarten in den verschiedenen Gebirgen hierbei nicht immer die gleichen sind, sondern mehr oder weniger auffällige Verschiebungen in den Höhenzonen derselben Holzart vorkommen, wird angesichts der Verschiedenartigkeit in der Massenerhebung und Ausformung der Gebirge leicht verständlich.

In den oberen Regionen der höheren Gebirge ist eine geregelte Forstwirtschaft nicht mehr möglich. Kälte, Schnee, Sturm und Abnahme der Feuchtigkeit verhindern hier die Bildung geschlossener Bestände und halten den Baumwuchs mehr und mehr auf, sodaß schließlich nur Kriech- und Krüppelformen den Wald an seine vertikale Grenze begleiten.

2. Neigungsrichtung, Exposition, d. h. Neigung eines Bodens gegen die Himmelsgegend. Da cet. par. der Einfluß der Sonne auf eine Waldbodenfläche durch sie bedingt ist, so kommt die Verschiedenheit der Exposition zunächst in entsprechender Verschiedenheit der Erwärmungsverhältnisse zum Ausdruck. Tatsächlich macht sich aber in den mittleren Höhenlagen der Unterschied der einzelnen Expositionen besonders hinsichtlich des Feuchtigkeitsgrades bemerklich. Infolge der direkten, intensiveren Erwärmung durch die Sonne sind die Süd- und Südwestlagen im allgemeinen weniger feucht als die Nord- und Nordostseiten. Die Böden in ersteren sind trockener; die Holzpflanzen werden überdies zu energischerer Blattverdunstung gereizt, so daß diejenigen, welche in den genannten Beziehungen anspruchsvoller sind, von den Süd- und Südwesthängen fern bleiben.

Recht empfindlich ist in dieser Hinsicht z. B. die Weißtanne, welche gern die nördlichen und östlichen Lagen einnimmt, während das Umsetzen der Exposition nach Süd und West oft sofort durch das Auftreten der Kiefer charakterisiert ist [1]).

Die Bestandesverjüngung wird, sowohl was Wahl der Methode als auch Ausführung im einzelnen anlangt, durch die angedeuteten Wirkungen der Exposition oft wesentlich beeinflußt; dazu kommt die Beziehung der Exposition zu Windgefahr, Schneedruck und Frost. In höheren Gebirgslagen muß bezüglich des Gedeihens der Holzarten, von einer gewissen Grenze an, der meist größeren Wärme der Süd- und Westseiten das unmittelbar entscheidende Wort zugestanden werden, während feuchtere Luft, bedeutendere Niederschlagsmengen usw. dort den Faktor Feuchtigkeit in seiner Beziehung zur Exposition zurücktreten lassen. So kommt es, daß hier die nach Süden, Südwesten und Südosten geneigten (Sommer-)Hänge höher hinauf

1) S. die bezüglichen Mitteilungen des Forstmeisters Graf von Uexküll aus dem württ. Schwarzwaldforste Neuenbürg, Monatschrift für Forst- und Jagdwesen, Januar 1877.

bewaldet sind als die nördlichen, nordöstlichen und nordwestlichen Expositionen (Winterhänge), die ihrerseits wieder in den Vor- und Mittelgebirgen bevorzugt werden. Im höheren Gebirge steigt die einzelne Holzart an den Südseiten unter Umständen 200 bis 500 m höher als an den Nordseiten.

3. Neigungswinkel, Abdachung, Inklination, d. h. Neigung des Bodens gegen die Horizontale. Im allgemeinen bilden, sofern ein gewisses Maß der Steilheit nicht überschritten wird, auch bedeutendere Neigungen kein Hindernis der Holzkultur, wenn auch Bestandesbegründung und -erziehung, sowie namentlich auch die Ernte und der Transport der Forstprodukte in steileren Lagen oft mit erhöhten Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Stärker geneigte Hänge sind vielfach trockener und flachgründig, sind Bodenrutschungen ausgesetzt und bedingen dadurch häufig besondere Aufmerksamkeit bei der Wahl der Betriebsart und der Verjüngungsmethode. Andererseits treten Versumpfungen mehr in ebenen Lagen auf. Die Grenzen der landwirtschaftlichen Bodenbenutzung und der Waldwirtschaft sind an vielen Stellen hauptsächlich durch den Abdachungsgrad gezogen.

4. Oberflächengestaltung: Dabei kommt in Betracht der durch die Bodenausformung im großen geschaffene orographische Charakter einer Gegend, sowie die verschiedenartige Gestaltung der Bodenoberfläche im einzelnen. In ersterer Beziehung ist besonders die Verteilung von Land und Wasser, sowie die Gebirgsbildung von Bedeutung: Massengebirge im Gegensatz zu Kettengebirgen mit zahlreichen Einzelzügen, Anordnung der Täler, Wechsel der Expositionen, isolierte Bergkuppen, Hochplateaus usw. sind zu beachten. Innerhalb dieser, den Gesamtcharakter ausdrückenden Unterschiede, welche die waldbaulichen Maßregeln oft ganz direkt beeinflussen (z. B. bei der Wahl der Holzart), treten dann bei der Beurteilung von Detailfragen die teilweise sehr greifbaren Verschiedenheiten im einzelnen in Kraft, wie insbesondere das Vorkommen von Mulden, welche meist infolge größerer Feuchtigkeit und Tiefgründigkeit wesentlich besseren Holzwuchs erzeugen, aber als Tieflagen auch zu Frösten Anlaß geben können, ferner von Steilhängen, flachen Rücken usw. Die meisten dieser großen und kleinen Unterschiede in der Oberflächengestaltung werden auch insofern wichtig, als von ihnen der größere oder geringere Schutz eines Waldortes durch seine Umgebung abhängt. Es ist klar, wie der Verlauf der Höhenzüge, wie einzelne Berge die Wirkung der Winde auf hinterliegendes Gelände modifizieren, wie die Sturmgefahr durch die Richtung der Täler und Höhen beeinflußt wird, wie größere Wasserflächen bei dem Auftreten von Frösten, Duft- und Eisbruch mitwirken können. Zu allen solchen Umständen, die sich teils aus größerer Entfernung, teils aus der Nähe fühlbar machen, tritt dann der Einfluß des unmittelbar benachbarten Geländes mit seiner Bestockung (vorliegende höhere Holzbestände oder Kahlfläche — junge Kultur, Wiese, Feld — in ihren Beziehungen zu Winden, Randverdämmung usw.).

B. Boden, insbesondere physikalische Eigenschaften desselben.

§ 6. Als solche gelten Feuchtigkeit, Gründigkeit und Bindigkeit.

Fast alle unsere Holzarten zeigen da das beste Gedeihen, wo keine jener Eigenschaften in einem ihrer Extreme vorhanden ist; weder Nässe, noch Trockenheit, weder Festigkeit noch Lockerheit kann, sobald ein bestimmtes Maß überschritten wird, als zuträglich bezeichnet werden. Hinsichtlich der Gründigkeit ist allerdings im allgemeinen nur das eine Extrem, die Flachgründigkeit einer freudigen Entwickelung oft hinderlich, während Tiefgründigkeit nur in den seltenen Fällen einmal nachteilig werden kann, wenn sie, — sei es, weil die atmosphärischen Niederschläge zu rasch in den

Boden einsinken, sei es, weil ein Heraufdringen des Grundwassers aus der Tiefe bis zum Wurzelraum nicht mehr stattfindet, — Trockenheit zur Folge hat. Eine gewisse mittlere Beschaffenheit des Bodens ist also im großen und ganzen die zuträglichste und bietet, da sie fast alle Holzarten wenigstens zuläßt, in waldbaulicher Beziehung dem Wirtschafter den weitesten Spielraum. Freilich zeigen nicht entfernt alle oder auch nur eine Mehrheit unserer Holzarten bei der nämlichen mittleren Bodenbeschaffenheit gleich gute Entwickelung; ihre Ansprüche und demgemäß ihr Gedeihen sind mannigfach abgestuft. Ausgeschlossen aber ist auf diesen Böden mittlerer Eigenschaften im allgemeinen keine Holzart. In solchem Falle wird dann die Auswahl einer bestimmten Holzart wesentlich durch ihr Verhalten im Bestand, sowie durch ihre wirtschaftliche Bedeutung bedingt, während überall, wo irgend welche Extreme der Bodenbeschaffenheit vorliegen, diese bei der Entscheidung über die anzubauende Holzart in erster Linie maßgebend werden. Die Zahl der Möglichkeiten ist dann meist eine sehr beschränkte.

Es ist bekannt, daß und inwieweit der Humus geeignet ist, die physikalischen Eigenschaften des Bodens zu modifizieren, indem er zwischen den Extremen vermittelt, insbesondere einem lockeren Boden mehr Bindigkeit, einem festen größere Lockerheit gewährt, durch bedeutende Wasseraufnahme und wasserhaltende Kraft die Feuchtigkeit reguliert, als schlechter Wärmeleiter ausgleichend wirkt und durch Kohlensäure-Entwickelung den mineralischen Boden aufschließt. Als absolute Bedingung für die Waldvegetation kann er, sofern im übrigen der Boden die nötigen mineralischen Nährstoffe sowie die erforderlichen physikalischen Eigenschaften besitzt, nicht angesehen werden. Immerhin leuchtet ein, daß die waldbauliche Tätigkeit auf ununterbrochene, reichliche Humusbildung abheben muß. Dabei handelt es sich aber durchaus nicht um Anhäufung größerer Streumassen, sondern vor allem um einen regelmäßigen normalen Fortgang der Streuzersetzung und der Mengung der Zersetzungsstoffe mit dem mineralischen Boden.

Im einzelnen sind die Ansprüche der Holzarten an den Boden außerordentlich verschieden. Erwägt man überdies, daß auch für das Gedeihen einer b e s t i m m t e n Holzart nicht ein durchweg gleichbleibendes Maß der verschiedenen Bodeneigenschaften gefordert wird, sondern, namentlich durch verschiedene Lage bedingte Schwankungen zulässig sind, so erhellt, daß eine Charakteristik der Holzarten nach ihren Bodenansprüchen nur ganz im allgemeinen und in großem Zuge möglich ist. Sie kann auch mehr nur in der Weise erfolgen, daß die Grenze angedeutet wird, unter welche bezüglich der einzelnen Bodeneigenschaft nicht herunter-, bezw. über welche nicht hinaufgegangen werden darf, nicht aber kann man etwa innerhalb dieser Grenzen ein bestimmtes Maß als jeweilig absolut bestes bezeichnen. Dies ist schon durch die große Zahl zusammenwirkender Faktoren ausgeschlossen. Es gilt hier das gleiche wie bei der vorerwähnten Lage. Die spezielle Einwirkung der einen oder der anderen Gruppe von Produktionsfaktoren läßt sich um so weniger leicht feststellen, als in vielen Fällen Ungunst der Lage durch vorteilhafte Bodenbeschaffenheit, wenn nicht ausgeglichen, so doch in ihrem ertragsmindernden Einfluß abgeschwächt wird. Zu beachten ist, daß aus dem tatsächlichen Vorkommen einer Holzart nicht ohne weiteres auf deren Wohlbefinden Schlüsse gezogen werden können. Anbaufähigkeit und Anbauwürdigkeit sind sehr zu unterscheiden; für jede Holzart gibt es eben ein Optimum ihres Vorkommens, an welches sich Zonen geringerer Leistung anschließen. Bei der Beurteilung des waldbaulichen Wertes einer Holzart entscheidet überhaupt das Verhalten der Holzart im B e s t a n d viel mehr als die Entwickelung des Einzelbaumes. Die besten Standorte werden natürlich zunächst von den begehrlichsten Holzarten in

Beschlag genommen, so daß sich weniger anspruchsvolle vielfach mit geringeren Böden und schlechteren Lagen begnügen müssen, obwohl auch sie gern an dem Genuß der besseren Standorte teilnehmen würden (z. B. die gem. Kiefer).

§ 7. 1) Feuchtigkeit: Ausgehend von der überaus wichtigen Rolle, welche dem Wasser in der Pflanzen-Ernährung zukommt, und von der daraus folgenden und durch die Tatsachen allseits bestärkten Ueberzeugung, daß jede Holzart unter sonst gleichen Verhältnissen auf frischem Boden besser gedeiht als auf trockenem, muß man sorgsame Bodenpflege im Sinne der Wassererhaltung als eine unabweisbare Forderung hinstellen. Was in dieser Hinsicht zu beachten und vorzukehren ist, wird späterhin berührt werden.

Für trockenen Boden taugen noch die gemeine Kiefer und die gemeine Birke, Bet. verrucosa, die Robinie und eventuell einzelne Pappeln und Weiden. Einen mindestens feuchten, wenn nicht nassen Boden verlangt z. B. die Schwarzerle, die Ruchbirke, Bet. pubescens; auf solchem gedeihen ferner viele Weiden, auch wohl Vogelbeere und Krummholzkiefer. Stagnierende Nässe bedingt fast immer eine mehr oder minder zweifelhafte Entwickelung, während fließendes oder nur vorübergehend stagnierendes Wasser auch im Ueberschuß kein Hindernis guten Wachstums ist, wie die Weiden an Bach- und Flußufern und die üppige Entwickelung bes. der Stieleichen, Eschen, Ulmen in zeitweise überschwemmten Auewaldungen beweisen. Selbst die Rotbuche findet sich da und dort in Inundationsgebieten nicht selten. Fraxinus america soll sich (nach Brecher) hier besser bewähren als Frax. excelsior; Carya alba, Robinie und Lärche haben sich nach Ueberschwemmungen gut gehalten. Zeitpunkt, namentlich Dauer etc. der Ueberschwemmung sind dabei aber von Einfluß.

Weitaus die meisten unserer Holzarten meiden die Extreme und befinden sich nur auf frischen, höchstens feuchten Böden wohl, mit der Abstufung, daß man einen nur frischen Boden für die in der Uebersicht zu Eingang dieses Abschnittes genannten Nadelhölzer, sowie für Eiche, Buche, Ahorn, Linde, einen feuchteren dagegen für Esche, Erle, Ulme, Pappeln und Weiden vorziehen wird. Auch von den Ausländern, mit welchen Anbauversuche gemacht werden, scheinen die meisten einen nur frischen Boden zu lieben.

2) Gründigkeit. Man versteht darunter die Mächtigkeit der von den Wurzeln durchdringbaren Bodenschicht. Flachgründige, d. h. nur bis 30 cm tiefe Böden sind oft, insbesondere an Hängen, zugleich trocken, seltener, bei undurchlassendem Untergrund, in ebener Lage, zu naß und in beiden Fällen meist von geringer Ertragsfähigkeit. Hiervon abgesehen aber müssen sie dem Gedeihen derjenigen Holzarten hinderlich sein, welche ein tiefgehendes Wurzelsystem haben, namentlich dann, wenn letzteres durch eine stark ausgebildete Pfahlwurzel charakterisiert ist, welche sich, auf einem festen, unzerklüfteten Untergrund aufsitzend, nicht normal entwickeln kann. Aus diesem Grunde taugen z. B. Eiche, Esche, Ulme, Linde und auch die Tanne nicht auf einen flachgründigen Boden, während sich die Fichte mit ihren flachstreichenden Wurzeln daselbst noch gut zurechtfindet. Auch Buche, Birke u. a. sind von einem nicht gründigen Boden keineswegs ganz ausgeschlossen. Immerhin sind auch für Holzarten, welche ihre Wurzeln in der Regel nicht weit in die Tiefe senken, mitteltiefgründige (30—60 cm tiefe) und noch besser tiefgründige, über 60 cm tiefe Böden wegen ihres meist besseren Feuchtigkeitszustandes entschieden vorzuziehen. Flachgründigkeit macht sich fast immer durch geringes Höhenwachstum bemerklich. Man vergleiche hierzu auch die Bemerkungen zu § 8, 2, S. 12.

3) Bindigkeit: Von dem Grade derselben ist die Entwickelung der Holzbestände insofern beeinflußt, als mit ihr die Ausbildung der feinen Saugwurzeln, die

Standfestigkeit der Bäume, sowie der Feuchtigkeitsgehalt und die Durchlüftung des Bodens in Beziehung stehen. Die Extreme (einerseits strenger Tonboden, bald zu naß und kalt, bald zu hart und rissig, wenn trocken, andererseits Flugsand) sind in jedem Falle nachteilig. Zu den Holzarten, für deren normale Leistung ein lockerer Boden gefordert werden muß, gehören z. B. Ulme, Esche, Kastanie, Erle, Robinie, von den Nadelhölzern Kiefer, Douglasie; die meisten andern zeigen auf einem Boden von mittlerem Bindigkeitsgrad voll befriedigendes, zum Teil sogar ihr bestes Gedeihen.

II. Entwickelungs- und Wuchsverhältnisse des einzelnen Baumes.

§ 8. Da es sich hier nicht um eine botanische Charakteristik, sondern um die bei waldbaulichen Maßnahmen besonders zu beachtenden, bezw. zu verwertenden Eigenheiten in der Entwickelung der einzelnen Holzarten handelt, so sind diese, unter Voraussetzung normaler Verhältnisse, vorab also eines geeigneten Standortes, hauptsächlich nur im Hinblick auf folgende Fragen zu untersuchen:

1) Wie vollzieht sich die Keimung? Bleiben die Kotyledonen unter der Erde oder werden sie mit heraufgenommen? — 2) Wie sieht das Wurzelsystem aus? — 3) Ist die Holzart in der Jugend rasch- oder langsamwüchsig? Welchen Verlauf nimmt überhaupt ihre Höhenentwickelung absolut und im Vergleich zu derjenigen anderer Holzarten? — 4) Wie verhält sich die Holzart gegen Beschädigungen aller Art? Ist sie insbesondere in ihrer Jugend gegen Frost und Hitze empfindlich? ist sie dem Schneedruck und der Sturmgefahr besonders ausgesetzt? — 5) Wann beginnt sie regelmäßig zu fruktifizieren? in welchem Umfange darf auf Wiederkehr waldbaulich verwendbarer Masten gerechnet werden?

Auf die meisten der vorstehenden Fragen geben die Abschnitte Forstbotanik und Forstschutz des Handbuches Antwort, so daß wir uns hier auf eine Gruppierung der Hauptholzarten nach den vorgenannten Gesichtspunkten, sowie auf einige ergänzende Bemerkungen beschränken können:

1) Keimung: Die Kotyledonen bleiben unter der Erde bei der Eiche, Roßkastanie, Kastanie, Hasel, Juglans und Carya, während die übrigen Laubhölzer, sowie die Nadelhölzer oberirdisch (epigäisch) keimen, d. h. ihre Keimblätter über den Boden erheben. Die Durchdringung der über dem Samen lagernden Bodenschicht bedeutet Leistung einer mechanischen Arbeit, die um so größer ist, je umfangreicher die Kotyledonen sind und je dicker, bindiger und schwerer die über dem Samen lagernde Erdschicht ist. Bei den unterirdisch (hypogäisch) keimenden Holzarten: Eiche, Kastanie usw. kann die Bedeckung des Samens entsprechend stärker sein. Vergl. hierzu § 57. E.

2) Wurzelsystem: Holzarten mit weitverzweigtem Wurzelsystem beanspruchen damit einen größeren Nahrungsraum, sind aber u. U. auch auf ärmerem, trockenerem Boden noch zuwachskräftig (Akkommodationsfähigkeit von Weidenarten). Durch Bäume mit flachstreichenden Wurzeln wird zunächst nur die obere Bodenschicht, von solchen mit tiefgehenden Wurzeln werden entsprechend tiefer liegende Schichten behufs Nahrungsaufnahme in Anspruch genommen; erstere können auf flachgründigem Boden, wo letztere versagen, eher noch gedeihen. Holzarten mit tiefgehender Pfahlwurzel, dann besonders auch solche mit mehreren starken, tiefeindringenden Wurzelsträngen sind standfester als solche mit flachstreichenden Wurzeln.

Nach Bau und Habitus des Wurzelsystems unserer Holzgewächse unterscheidet M. Büsgen[1]) das lang auslaufende, durch dicke, spärlich verzweigte Würzelchen

1) Studien über die Wurzelsysteme einiger dikotyler Holzpflanzen. Flora 95. Bd. S. 58.

ausgezeichnete Extensivsystem und das Intensivsystem, bei welchem die letzten Auszweigungen geringere Dicke haben, aber mit sehr viel mehr Faserwürzelchen besetzt sind als beim Extensivsystem. Durch diese verschiedene Verteilung der Wurzelsubstanz im Boden werden Unterschiede in der Methode der Ausnutzung desselben, speziell in der Wasserversorgung bedingt. Extensive Wurzelsysteme finden sich bei Holzgewächsen, die wenigstens zum Teil feuchten Klimaten und Standorten angehören, z. B. bei der Esche, und scheinen mehr für Wirtschaft mit reichlichem Wasservorrat geeignet, Intensivsysteme, wie sie z. B. die Buche zeigt, hingegen sind der Ausnutzung kleinerer Wassermengen, d. h. periodisch trockenen Standorten angepaßt.

Als Holzarten mit tiefgehenden Wurzeln sind zu nennen: Eiche, Ulme, Esche, Ahorn (besonders Acer pseudoplatanus), Kastanie, Schwarzerle, Linde, auch Weißtanne, Kiefer, Weymouthskiefer, Lärche. Von den genannten haben manche eine bis in höheres Alter kräftig entwickelte Pfahlwurzel, wie z. B. Eiche, Kastanie, während bei anderen, wie Erle, Lärche, früher oder später das Wachstum der Pfahlwurzel nachläßt, dagegen mehrere schräg in den Boden eindringende starke Seitenwurzeln („Herzwurzeln") das Gerüst des Wurzelsystems bilden.

Flachstreichende Wurzeln haben Birke, Robinie, Pappeln und Weiden, sowie Fichte, während andere Holzarten, wie Buche, Hainbuche, Weißerle, eine Mittelstellung einnehmen. Abgesehen von den unzweideutig ausgeprägten Extremen ist diese, wie überhaupt jede ähnliche Abgrenzung, angesichts der zahlreichen Uebergänge keine sichere, zumal auch bei der gleichen Holzart je nach der Bodenbeschaffenheit oft auffällige Verschiedenheiten und vielfache Uebergänge vorkommen. Namentlich ist die Bildung einer ausgeprägten Pfahlwurzel nicht bei allen, eine solche von Haus aus aufweisenden Holzarten in gleicher Weise Bedingung einer guten Entwickelung (Eiche), sondern unter Umständen (Tanne auf weniger gründigen Böden) kann eine starke eigentliche Pfahlwurzel durch kräftigere Entwickelung seitlicher Wurzeln ersetzt werden.

3) Höhenentwickelung[1]: Für viele waldbauliche Fragen (Erzielung genügenden Bestandesschlusses und damit guter Bodendeckung, Schädigung durch Wild, Weidevieh, Frost usw.) ist namentlich die Jugendentwickelung der Holzarten entscheidend. Einzelne machen schon in den ersten Lebensjahren bedeutende Längstriebe, während andere erst nach einer Reihe von Jahren mit einer energischeren Höhenentwickelung beginnen. Unter Zugrundelegung des Jugendwachstums teilt man die Holzarten in rasch- und langsamwüchsige ein und rechnet zu den letzteren: Buche, Hainbuche, Tanne, wogegen man Erle, Birke, Robinie, Esche, Ahorn, Kastanie, Pappeln, Weiden, die meisten Pinus-Arten und die Lärche als raschwüchsig bezeichnen und endlich den Ulmen, Linden, Pirus- und Sorbus-Arten, sowie der Fichte eine mittlere Stellung einräumen muß. Doch auch hier finden sich von Fall zu Fall, d. h. nach Standort, Witterung, Behandlung usw. mancherlei Verschiebungen. Nach der Bodenzusammensetzung z. B. kann sich die Skala der Schnellwüchsigkeit der Holzarten während der ersten Jugendjahre hin und wieder geradezu umkehren. Eine ziemlich rasche, vielfach aber bald nachlassende Jugendentwicklung zeigen auch unsere beiden einheimischen Eichenarten. Wie überhaupt in ihrem biologischen Verhalten finden sich aber auch in der Wuchsenergie merkbare Unterschiede bei ihnen: der Traubeneiche wird ziemlich allgemein rascherer Wuchs und längeres An-

1) Ueber die Art der Ermittelung des Höhenzuwachsganges ist die Holzmeßkunde von v. Guttenberg in diesem Handbuche zu vergleichen. Daselbst finden sich überdies die Entwickelungsgesetze nach dem dermaligen Stand unserer Kenntnis zusammengestellt. — Auf die Frage der Bedeutung des Höhenwachstums bei Anlegung gemischter Bestände wird noch zurückgekommen werden.

dauern kräftiger Höhenentwickelung zuerkannt. Mit zunehmendem Alter ändert sich bei vielen Holzarten das Höhenwachstum. Die in der Jugend langsam wüchsigen Holzarten, Buche, Tanne, Fichte fangen, zusagende Boden- und Standortsverhältnisse vorausgesetzt, mit Eintritt des Bestandsschlusses an, kräftige Höhentriebe zu schieben, während umgekehrt das Höhenwachstum der in der Jugend raschwüchsigen Arten um so früher und um so intensiver nachzulassen pflegt, je weniger der Standort ihren Ansprüchen genügt. Der bei den einzelnen Holzarten verschiedene Zeitpunkt dieses Nachlassens verdient namentlich beim Zusammenordnen derselben im Mischbestande sorgfältige Beachtung.

Endlich ist, wenn auch weniger für eigentlich waldbauliche Maßnahmen, als im Hinblick auf die Rentabilität des Betriebs (Haubarkeitserträge), die absolute Höhe, welche überhaupt erreicht wird, von Bedeutung. In dieser Hinsicht stehen die Nadelhölzer (Tanne und Fichte bis zu 40 Meter und mehr) im allgemeinen den Laubhölzern voran. Entscheidend ist hierbei nicht sowohl die Höhe einzelner besonders gut entwickelter Exemplare, als vielmehr die mittlere Höhe haubarer Bestände. Es verdient volle Aufmerksamkeit des Wirtschafters, daß der Höhenwuchs zwar in erster Linie eine Funktion der Bodengüte, zum Teil aber auch ein Produkt der Bestandserziehung ist. Alle im freieren Stand zu baldiger Kronenabwölbung und Kronenausbreitung und damit zur Kurzschaftigkeit hinneigenden Holzarten, d. i. die Mehrzahl unserer Laubhölzer, ganz besonders die Buche und Stieleiche, müssen durch Erziehung in engem Verbande während der Jugend- und schwachen Stangenholzperiode gezwungen werden, dem ihnen zunächst nur von oben gebotenen Lichte entgegenzuwachsen, um auf diese Weise die von der Nutzholzwirtschaft geforderte größere astreine Schaftlänge zu erzeugen.

4) Verhalten der Holzarten gegen Beschädigungen. Wild-, Weidevieh-, sowie Insektenschäden kommen insofern in Betracht, als sie (wie Rüsselkäferfraß in Kulturen, Maikäferschaden, Auftreten gewisser Schmetterlinge u. a.) auf die waldbaulichen Anordnungen einen bestimmten Einfluß ausüben. Immerhin werden unsere wirtschaftlichen Entschließungen häufiger und stärker durch das Verhalten der Waldbäume gegen Frost und Hitze, gegen Schneeschaden und Sturm bedingt.

Hinsichtlich dieser Gefahren und der sie bedingenden Momente wird auf den Forstschutz verwiesen. Hier soll nur hervorgehoben werden, daß eine in bezug auf ihre Massen- und Wertserträge, sowie ihr Verhalten gegen den Boden usw., vielleicht weniger geschätzte Holzart gerade durch ihre Unempfindlichkeit gegen Frost und Hitze für gewisse konkrete Fälle eine besondere Bedeutung erlangen kann, in dem sie empfindlichere Holzarten endweder ganz vertritt oder ihnen als wirksames Schutzholz (Mischung, Voranbau) beigesellt wird. Beispiele: Hainbuche statt der Rotbuche zum Unterbau auf feuchten Stellen, Kiefer als Schutz- und Treibholz für Eiche, Birkenvoranbau in Frostlöchern. Ebenso können manche Holzarten wegen besonderer Gefährdung (z. B. Fichte in Sturmlagen) örtlich von unseren Erwägungen bezüglich der Wahl der Holzart ausgeschlossen erscheinen.

5) Fruktifikation: Soweit die Bestandesbegründung durch Pflanzung stattfindet, ist der Waldbau mit seinen Operationen von dem Eintritt guter Samenjahre nur in mäßigem Umfange abhängig. Einmal läßt sich, was an Pflänzlingen nicht aus Schlägen entnommen werden kann, sondern besondere Anzucht erheischt, aus verhältnismäßig kleinen Mengen des betreffenden Samens erzielen, so daß auch in samenarmen Jahren oft wenigstens dieses geringe Quantum brauchbaren Samens zu erlangen ist, und zum andern kann im Falle reichlicher Mast meist für mehrere

Jahre vorgesorgt werden, weil man bei der Pflanzung nicht immer gerade auf ein ganz bestimmtes Alter der Pflänzlinge angewiesen ist. Dagegen ist die Kultur durch Saat in weit erheblicherem Maße, sowie die natürliche Samen-Verjüngung vollständig an die Masten gebunden, und es ist, namentlich für das regelmäßige Fortschreiten der Wirtschaft im größeren nachhaltigen Betriebe, oft von wesentlichem Einfluß, ob und in welchen Zwischenräumen Samenjahre in genügender Art wiederkehren (vergl. den Abschnitt über Bestandesbegründung).

Man kann zwar für Saaten (Nadelhölzer) unter Umständen auch noch einige Jahre alten Samen verwenden, überdies den Samen, wenn den Anforderungen der Zuchtwahl dabei nicht entgegengetreten wird, aus weiter Ferne herbeischaffen, aber diese Behelfe fehlen bei der Naturbesamung. Wenn nun letztere auch bei allen Holzarten stattfindet, so ist der Wirtschaftsbetrieb im großen doch meist nur bei Tanne und Buche, sowie vielfach bei Fichte, da und dort auch bei Eiche, Esche, Ahorn und Kiefer auf Naturverjüngung begründet. Die Benutzung natürlicher Ansamung von Eiche, Esche, Ahorn usw. wird, weil sie vielfach nicht nur als erwünschte Ergänzung der künstlichen Kultur erscheint, sondern letztere geradezu überflüssig machen kann, neuerdings mit Recht vielenorts in größerem Umfange angestrebt. In erster Linie kommen für unsere Frage Tanne, Fichte und Buche, event. Kiefer und Eiche in Betracht, da Holzarten wie Esche und Ahorn, dann auch Hainbuche und Birke meist sehr regelmäßig Samen tragen oder doch nur selten gänzlich versagen. Obwohl schon vom ausgehenden Stangenholzalter an oft bedeutendere Masten vorkommen, und zwar auf schlechterem Standort gewöhnlich früher als auf besserem, wird ihre regelmäßige Wiederkehr meist erst von einem späteren Entwickelungsstadium an beobachtet, welches demgemäß als volle Mannbarkeit bezeichnet werden kann. Erst wenn diese eingetreten ist, läßt sich die Verjüngung mit Sicherheit leiten.

Man kann rechnen[1], daß bei der Tanne etwa vom 70.—80. Jahre an in mildem Klima alle 3, in rauherem alle 5—7 Jahre eine reichliche Mast eintritt; bei der Fichte geschieht dies vom 60. Jahre an (mit entsprechenden, örtlich allgemein, sowie durch die mehr zufälligen Einflüsse der Jahreswitterung bedingten Schwankungen auf- und abwärts) durchschnittlich alle 5 Jahre. Die gemeine Kiefer fruktifiziert früher und oft auch reichlicher, so daß etwa vom 40. Jahre an in je 3jährigen Perioden auf eine genügende Samenmenge zu zählen ist. Buchensamenjahre, wenn auch eigentliche Vollmasten selten sind, doch, je nach Oertlichkeit, vom 70.—80. Jahre an alle 5—10 Jahre. Aehnlich wie die Buche (im ganzen wohl etwas günstiger) verhalten sich die Eichen, doch bewegt sich die Buche mehr in Extremen, während bei Eichen Halb- und Sprengmasten häufiger sind.

Von besonderem Einfluß auf die Samenentwickelung sind der allgemeine Charakter des Klimas und die Witterungsverhältnisse des einzelnen Jahres. Die Fruktifikation beginnt, von der nicht unbedeutenden Beeinflussung durch die spezifische Veranlagung des Einzelindividuums abgesehen, im allgemeinen um so früher, je wärmer das Klima ist. Die Samenjahre treten nach Häufigkeit und Ergiebigkeit zurück, je nördlicher bezw. höher der in Frage kommende Standort liegt. In der Einflußsphäre der Jahreswitterung spielen naßkalte Sommer, ganz besonders aber Spätfröste, welche die Blüten vernichten, eine große Rolle. Warme Sommer wirken fördernd und steigern die Fruktifikation bei Eiche im gleichen, bei Buche im folgenden Jahre. Außerdem wirkt auch das Licht auf die Anlage und Ausbildung der Blütenknospen anregend ein. Die späte Mannbarkeit und geringe Fruktifikation unserer gleichaltrigen

1) Vergl. u. a. Heß, „Die Eigenschaften und das forstliche Verhalten der wichtigeren . . Holzarten“, woselbst in Anmerkungen die Spezialliteratur nachgewiesen ist.

Bestände hängt oft nicht zum wenigsten mit der ängstlichen Erhaltung des vollen Bestandsschlusses zusammen; vergl. Zweck und Bedeutung der Vorbereitungsschläge. § 40.

III. Verhalten der Holzarten im Bestand.

Da es der Waldbau fast ausnahmslos nicht mit Einzelbäumen, sondern mit Beständen, d. h. mit einer Vielheit irgendwie zusammengeordneter Individuen zu tun hat, so ist die Würdigung der einzelnen Holzarten recht eigentlich durch deren Verhalten im Bestande, beim Zusammenleben mit Individuen der gleichen oder anderer Art bedingt. Dabei ist jenes Verhalten hauptsächlich nach zwei Richtungen hin zu begutachten; nämlich es fragt sich: 1) welchen Einfluß äußert die Holzart im Bestand auf den Boden, der sie trägt? und 2) was leistet der Bestand als solcher für die Zwecke der Wirtschaft?

A. Einfluß der Holzarten auf den Boden.

§ 9. Der Bestand, welcher dem Boden bestimmte Beträge an Nährstoffen entzieht und ihn dadurch ärmer macht, soll hierfür durch diejenigen Substanzen, welche die Holzgewächse zur Streudecke und somit demnächst zur Humusbildung beitragen, also in erster Linie durch den jährlichen Blatt- und Nadelabfall, durch Blüten- und Fruchtteile, Zweige etc. soweit möglich Ersatz leisten. Außerdem soll durch das Kronendach des Bestandes die Einwirkung von Sonne und Wind in solchem Maße vom Boden fern gehalten werden, daß diesem hierdurch das gehörige Maß von Feuchtigkeit, sowie vor allem ein normal verlaufender stetiger Gang der Humusbildung gesichert, die Streudecke im wesentlichen bewahrt und zugleich die Entwickelung zu massenhafter Forstunkräuter hintangehalten werde. Diese Wirkungen sollen vom Kronendach ausgehen, d. h. von der Gesamtheit aller Baumkronen, welche sich über einer bestimmten Fläche befinden. Die nach Holzart und Lebensbedingungen überaus verschiedene Ausgestaltung der einzelnen Krone ist — von der gegenseitigen Beeinflussung der Individuen und der Wirkung wirtschaftlicher Maßnahmen abgesehen — allgemein bedingt durch die der Holzart eigene Art der Ast- und Zweigbildung, durch Größe, Gestalt, Anordnung, Menge, Dauer der Blätter und Nadeln. In den weitaus meisten Fällen — außer auf besonders kräftigen bezw. feuchten Böden, deren Erschöpfung in bezug auf Mineralstoffe und Wassergehalt nicht zu fürchten ist — leistet in den vorangedeuteten Richtungen nur ein gut geschlossenes Kronendach Genügendes, wobei allerdings vielfach das Ideal nicht darin besteht, daß die einzelnen Kronen sich in gleicher Höhe gewissermaßen zu einer einzigen Etage zusammenfügen. Der Erhaltung und Pflege der Bodenkraft ist es oft weit förderlicher, wenn an Stelle eines gleichmäßig geschlossenen Kronendaches Einzelbäume und Gruppen verschiedensten Alters und damit verschiedenster Höhe und Ausformung den Raum über dem Boden derart mit Aesten und Zweigen anfüllen, daß die zur Zersetzung der Streu notwendige Wärme in genügendem Maße dem Boden zugeführt wird. Jedenfalls aber ist zur Herstellung jenes Schutzdaches über dem Boden, sowie zur Rücklieferung einer hinreichenden Menge an humusbildenden Substanzen auf der Flächeneinheit eine gewisse, mit dem Alter des Bestandes wechselnde Anzahl von Holzpflanzen erforderlich, welche genügend nahe zusammenstehen und deren Kronen in sich entsprechend dicht sind. Namentlich in höherem Alter, wenn der einzelne Baum einen größeren Standraum einnimmt, ist die Beschaffenheit der Einzelkrone für die Intensität des Bodenschutzes bedingend. In der Jugend fällt ja zweifellos die auf gegebener Fläche sich vorfindende Zahl der Individuen am meisten ins Gewicht, aber mit fortschreitender Ent-

wickelung (zunehmender natürlicher und künstlicher Bestandesreinigung) tritt diesem Moment der Einfluß der einzelnen Krone mehr und mehr als gleichwertig zur Seite. Nun verhalten sich aber unsere Holzarten in Beziehung auf die Ausbildung ihrer Kronen außerordentlich verschieden. Zwar besitzen nicht bloß diejenigen, welche sich auch im Alter noch durch dichte Kronen auszeichnen, sondern auch viele von denen, bei welchen dies nicht der Fall ist, in der Jugend reichliche Belaubung oder Benadelung; aber mit zunehmendem Alter lichten sich die Kronen mehr und mehr aus. Sie rücken überdies (infolge Absterbens der unteren Aeste) immer weiter vom Boden in die Höhe. Durch die sowohl im Boden als im Kronenraume stattfindende seitliche Beengung gehen ferner viele Individuen ein, so daß durch dies alles bald früher bald später (nach Holzart, Standortsverhältnissen usw.) eine oft sehr weitgehende Unterbrechung des Kronenschlusses eintritt, eine Lichtstellung, die sich durch Ueberkleidung des Bodens mit Unkräutern, durch zu rasche oder auch durch unvollkommene Humuszersetzung, Austrocknung etc. bemerkbar macht. Da im allgemeinen der Waldboden in seiner Produktionsfähigkeit hierdurch geschädigt wird, so muß für dauernden Kronenschirm gesorgt werden. Dies geschieht am einfachsten, indem man überhaupt nur solche Holzarten in die Bestände bringt, deren Kronendach sich bis ins höhere Alter gut geschlossen erhält. Zu diesen gehören Tanne und Buche, dann auch die Fichte. Sie sind vor allen anderen berufen, die Hauptmasse des Waldes zu bilden, und können, richtige Bestandespflege vorausgesetzt, ohne Gefährdung der Bodenkraft in reinen Beständen auftreten, d. h. solchen, die nur aus Exemplaren der nämlichen Holzart zusammengesetzt sind.

Sache einer zweckmäßigen Bestandeserziehung (s. dort vierter Abschnitt) aber ist es, darauf zu halten, daß man mit der Bevorzugung reiner Bestände der genannten Holzarten im Dienste der Bodenpflege nicht aus einem Extrem ins andere fällt. Mit vollem Rechte nämlich beschuldigt man das bis in die neueste Zeit herrschende Dogma von der Erhaltung des dauernden vollen Bestandsschlusses in den Fichten-, Buchen- und Tannenbeständen, daß mit ihm nicht in allen Fällen eine Förderung, sondern oft genug eine Verminderung der Bodengüte und eine Erschwerung der Waldbegründung, namentlich der natürlichen, herbeigeführt werde. In den durch Kahlschlagbetrieb oder schlagweise Naturverjüngung geschaffenen gleichaltrigen, also gleichwüchsigen und dauernd in Dichtschluß erhaltenen reinen Beständen von Fichte, Buche und Tanne lagern sich, wie die Erfahrung lehrt, beim Vorhandensein ungünstiger Verwesungsbedingungen, d. i. in Lagen mit niederer Temperatur, bei Ueberschuß oder Mangel an Feuchtigkeit oder bei mangelndem Kalkgehalt des Bodens, leicht pflanzliche Reste in Gestalt mehr oder minder mächtiger Streuschichten ab. Man nennt solche meist dicht gelagerte, wenig oder nicht zersetzte Streumassen Trockentorf (früher Rohhumus). Sie haben sowohl in chemischer wie physikalischer Hinsicht eine ungünstige Veränderung des Waldbodens zur Folge und sind für Boden und Bestand überwiegend schädlich. Wie im vorangehenden Abschnitt „Forstliche Standortslehre" näher ausgeführt ist, verursachen stärkere Trockentorfschichten, zumal auf den Sandböden, das Entstehen von Ortstein, veranlassen Auslaugung der löslichen Mineralstoffe, führen zur Versauerung und Verdichtung des Bodens, mindern seine Durchlüftbarkeit und beeinträchtigen das für die normale Verwesung aller organischen Reste außerordentlich wichtige Tierleben im Boden, sowie die für die Verwesungsvorgänge gleich wichtige Bakterienflora, kurz, sie machen den Boden, wie man zu sagen pflegt, krank. Die sauren Zersetzungsprodukte, die in den reinen Schattenholzbeständen überall dort entstehen, wo infolge Erhaltung dauernden Dichtschlusses die Bedingungen zum raschen Fortgang der Verwesung fehlen, führen na-

mentlich bei Buche[1]. Fichte und Tanne[2]) zum Versagen der Naturverjüngung. Ihrer Bildung kann nur dadurch vorgebeugt werden, daß durch entsprechende und namentlich frühzeitigere Schlußunterbrechung für hinreichenden Wärme- und Luftzutritt zum Boden und damit für Förderung der Verdunstung und Streuzersetzung Vorsorge getroffen wird.

Holzarten, die sich später licht stellen, werden, um der oben genannten Gefahr der Bodenverunkrautung zu entgehen, entweder in so niedrigen Umtrieben bewirtschaftet, daß bei der Aberntung des Bestandes die für den Bodenzustand bedenkliche Lichtung noch nicht eingetreten ist, oder es muß, wenn man sie älter werden lassen will, im Zeitpunkte der beginnenden Auslichtung durch besondere Maßnahmen (Unterbau) für Bodenschutz gesorgt werden.

Die mehrerwähnten Holzarten Tanne, Buche und Fichte werden im Verein mit einigen Nebenholzarten als s c h a t t e n e r t r a g e n d e oder kurz S c h a t t e n h o l z a r t e n bezeichnet, weil man die Dichtigkeit ihrer Krone, welche wesentlich darauf beruht, daß Blätter bezw. Nadeln im Innern derselben sich noch längere Zeit hindurch lebend erhalten, als einen Beweis höheren Schattenerträgnisses ansieht. Im Gegensatz hierzu steht das Verhalten anderer Holzarten, deren Kronen sich bald lichten, indem die von den äußeren Blatt- bezw. Nadelschichten umschatteten Organe im Kroneninnern nicht mehr lebensfähig bleiben. Diese Holzarten werden deshalb l i c h t b e d ü r f t i g oder kurz L i c h t h ö l z e r genannt.

Die schon seit mehr als einem Jahrhundert gebräuchliche Einteilung der Holzarten in Licht- und Schattenhölzer gründet sich auf das eben angedeutete verschiedene Verhalten, das sich zeigt, wenn man Bestände der einzelnen Holzarten während ihrer Entwicklung sich selbst überläßt. Den Holzarten wohnt in der Tat eine verschiedene Lichtempfindlichkeit inne; sie sind auf einen verschiedenen Lichtgenuß, auf ein verschiedenes Minimum desselben abgestimmt. Der Lichtbedarf der einzelnen Holzart und die mit ihm zusammenhängende Fähigkeit, Beschattung zu ertragen, sind aber keine absolute und unabänderliche Größen, sondern wechseln mit den Standortsverhältnissen, der geographischen Breite, der Meereshöhe, dem Alter, der Jahreszeit und dem Entwicklungsstadium des Einzelindividuums. Infolgedessen ist es allerdings nicht angängig, die in einem heranwachsenden Bestande sich abspielenden Vorgänge der Bestandesausscheidung, d. h. des allmählichen Unterdrücktwerdens und Absterbens einer größeren oder geringeren Anzahl von Individuen und das Tempo dieses Vorganges lediglich unter Zugrundelegung der Lichtempfindlichkeit und des wechselnden Lichtgenusses zu betrachten. Hierbei spielen vielmehr Klima, Bodengüte und namentlich Bodenfrische als mitwirkende Faktoren eine wesentliche Rolle. Der Lichtanspruch einer Holzart ist um so größer, ihr Schattenerträgnis mithin um so geringer, je kühler, schlechter oder trockner der Standort ist. Auf gutem, namentlich frischen Boden oder in warmem Klima verträgt eine unter mittleren Verhältnissen auf ein hohes Lichtgenußminimum angewiesene Holzart, d. h. eine Lichtholzart, so viel Beschattung, daß sie ihren Lichtholzcharakter fast zu leugnen scheint, und umgekehrt verlangt eine Schattenholzart in Standortsverhältnissen, die an der unteren Grenze ihrer Ansprüche liegen, auf trockenem, armen Boden oder in nördlicheren bezw. höheren, kühlen Lagen so viel Licht, daß sie kaum mehr als Schattenholzart bezeichnet werden kann. Diese noch keineswegs hinreichend geklärten Wechselbeziehungen zwischen Lichtgenuß und Standort sind mehrfach, neuerdings wieder für F r i c k e[3]) Veranlassung gewesen, alltägliche Erscheinungen des Waldbaues, wie ungenügende Entwicklung des Jungwuchses im Halbschatten oder unter dem Schirm älterer Bäume, Wiederverschwinden des Aufschlages und dergl. nicht auf Lichtmangel, sondern auf mangelnde Bodenfeuchtigkeit infolge Konkurrenz seitens der Wurzeln der älteren Bäume zurückzuführen. So richtig und wertvoll der von F r i c k e gelieferte Nachweis der Mitwirkung dieser Wurzelkonkurrenz beim Gedeihen beschatteten Jungwuchses auch ist, so wenig berechtigt ist die hieraus abgeleitete Folgerung, daß die übliche Einteilung der Holzarten in Licht- und Schattenholzarten sich nicht halten lasse und wissenschaftlich nicht begründet sei. Die mehr oder minder ausgeprägte Fähigkeit unserer Holzarten, unter sonst gleichen Verhältnissen mehr oder weniger Schatten zu ertragen, bleibt als Tatsache bestehen. Sie bedarf aller-

---

1) Vgl. hierzu: C. F r ö m b l i n g, Der Buchenhochwaldbetrieb. Berlin 1908.

2) H. S t o l l, Das Versagen der Weißtannenverjüngung im mittleren Murgtale. Naturwiss. Ztschr. f. Forst- und Landwirtschaft 1909, S. 351.

3) F r i c k e, „Licht- und Schattenholzarten", ein wissenschaftlich nicht begründetes Dogma. Z. f. d. ges. Forstw. 1904, S. 315.

dings noch der Aufhellung hinsichtlich ihrer anscheinend sehr engen und nur schwer zu isolierenden Beziehungen zu den Faktoren der Bodengüte bezw. der Bodenfrische.

Als extreme Repräsentanten der Lichthölzer können Lärche und Birke gelten; sie zeichnen sich vor allen andern durch ihre besonders dünne Krone aus. Zwischen den beiden genannten Extremen, den absoluten Schattenhölzern Eibe, Tanne und Buche und den Lichthölzern Birke und Lärche, schalten sich in mannigfacher Abstufung die übrigen Holzarten ein. Keiner unserer Waldbäume liebt oder bedarf den Schatten, abgesehen von der Jugendzeit, in welcher vielen von ihnen Schutz gegen Frost und Hitze gewährt werden muß. Das letztere aber kann im großen Forstbetrieb meist nur durch das Kronendach eines Schutzbestandes geschehen, ist also mit Beschattung verknüpft. Alle Holzarten entwickeln sich vielmehr kräftiger in der Lichtstellung.

Tanne und Buche brauchen in der Jugend Schutz gegen Frost und Hitze und ertragen die Beschattung, die Tanne aber länger und intensiver als die Buche. Weit weniger schutzbedürftig, zumal gegen Sonnenbestrahlung, ist die junge Fichte; ihr Schattenerträgnis ist entschieden geringer als dasjenige der Buche. Immerhin muß man die Fichte, so lange nur die zwei großen Gruppen: Schatten- und Lichthölzer gebildet werden, den Schattenhölzern zuzählen. Mit ihr konkurriert allenfalls in bezug auf die Fähigkeit, Schatten zu ertragen, die Weymouthskiefer, von Laubhölzern vielleicht die Hainbuche. Alle anderen Holzarten sind als Jungwüchse sofort sehr dankbar für vollen Lichtgenuß und erhalten sich unter dem Schatten von Oberständern im allgemeinen nur dann einige Zeit wuchskräftig, wenn das, was ihnen im Schatten an atmosphärischen Niederschlägen (Regen, Tau etc.) abgeht, durch Bodenfrische, feuchte Luft, gute Ernährung reichlich ersetzt wird. Hin und wieder bezeichnet man diejenigen Holzarten, die in der Mitte zwischen ausgesprochenen Lichthölzern und ebensolchen Schattenhölzern stehen, und hinsichtlich ihres Schattenerträgnisses in der Jugend oft auch mehr den Schattenhölzern nahekommen, als Halbschattenholzarten. Je nach den Standortsverhältnissen steigert sich das Lichtbedürfnis dieser Holzarten früher oder später bis zu dem der typischen Lichthölzer. — Von dem Verhalten in der ersten Jugend ist dasjenige während der weitern Entwickelung des Bestandes zu unterscheiden. Das kritische Alter, in welchem sich die größere oder geringere Fähigkeit einer Holzart, dichte und damit reine Bestände dauernd zu bilden, deutlich ausspricht, ist gemeinhin die Zeit des beginnenden Stangenholzes. Außer bei Lärche und Birke tritt die Sorge um den Bodenschutz im reinen Bestande einer Lichtholzart meist erst von jenem Zeitpunkte ab an uns heran; ja in Beständen mancher lichtkroniger Nadelhölzer, wie z. B. der Kiefer, kann man sich dieser Sorge oft noch weiterhin, bis ins mittlere, ja höhere Stangenholzalter entschlagen, sofern eine dichte Moosdecke den Boden überkleidet und ihm den erforderlichen Schutz (Feuchtigkeit etc.) gewährt.

Von verschiedenen Schriftstellern sind die Holzarten in bezug auf ihre Fähigkeit, Schatten zu ertragen, bezw. sich im geschlossenen Bestande zu halten, klassifiziert worden[1]. Die von ihnen aufgestellte Skala stimmt nicht in allen Einzelheiten überein. Dies kann auch nicht anders sein, denn die Beobachtungsgebiete, welchen die betreffenden Bücher entstammen, sind sehr verschieden; immerhin treffen die Abweichungen zumeist nur die eine mittlere Stellung einnehmenden Holzarten. Manche Verschiebung ist auch rein lokaler Natur, durch die Eigenart des Standorts bedingt[2]. Ueberdies ist, wie oben erwähnt, die exakte komparative Beobachtung äußerst schwierig, weil meist viele Faktoren gleichzeitig wirksam sind. Zu den Schattenhölzern zählt man allgemein: Eibe, Buche, Tanne, Fichte, Douglasie, Schierlingstanne, zu den Lichthölzern: Lärche, Birke, Eiche, Kiefer, Pappel, Weide; zu den Halbschattenhölzern: Ahorn, Esche, Ulme, Erle, Linde, Weymouthskiefer, Robinie Zu beachten ist, daß zu den ziemlich viel Schatten ertragenden Holzarten die Weymouthskiefer gehört, welche sowohl dadurch wie auch durch ihre Raschwüchsigkeit für manche Spezialfälle waldbaulicher Arbeit, wie z. B. Auspflanzen von Schneebruchlücken, alten Wegen usw. besonders geeignet erscheinen kann. Ferner sei nochmals betont, daß die Fichte keineswegs der Buche und noch weniger der Tanne gleichgeordnet werden darf.

Tatsächlich kommen auch von andern Holzarten, als der Tanne, Buche und Fichte, ausgedehnte reine Bestände vor; diese sind dann aber entweder Kinder der Not oder in besonders günstigen Verhältnissen, sehr oft auch in eigenartigen wirt-

1) Vergl. u. a. G. Heyer, Verhalten der Waldbäume gegen Licht und Schatten, 1852. — v. Fischbach, „Forstwissenschaft", 4. Aufl. 1886, S. 5. — Kraft in Allg. F.- u. J.-Ztg. von 1878, S. 164. — Gayer, „Waldbau", 4. Aufl. S. 31 ff.

2) In dieser Beziehung macht z. B. Gayer auf die erhöhten Lichtansprüche bei kurzer Vegetationsdauer (Gebirg, Norden), dann auf den Einfluß der örtlichen Lichtintensität, die Wirkung häufiger Nebel usw. aufmerksam.

schaftlichen Bedingungen begründet. Alle diese Umstände können die theoretisch als Ausnahme zu betrachtende Bildung reiner Bestände durch Lichtholzarten gegebenenfalls geradezu als Regel erscheinen lassen. So findet sich, um das prägnanteste Beispiel herauszugreifen, die Kiefer auf weiten Flächen in reinen Beständen, und zwar zumeist auf Böden, welche für andere, anspruchsvollere Holzarten nicht mehr taugen, wo man also, um überhaupt Wald zu haben, mit der Kiefer im reinen Bestand zufrieden sein muß. Man befindet sich hier in einer Zwangslage, aus der man eben niemals herauskommen kann. So lange solche Bestände noch jung und gut geschlossen sind, ist die Leistung der Kiefer auch in Rücksicht auf die Bodenkraft eine befriedigende. Die Fälle, in welchen Lichtholzarten, wie gerade nicht selten die Kiefer, aus wirtschaftlichen (Rentabilitäts-)Gründen rein angebaut werden, sind für unsere Frage zunächst weniger von Interesse. Es mögen nur noch Schwarzkiefer (Wiener Wald), Krummholzkiefer (Hochgebirg, Moore), Erle (nasse Partien), sodann Esche, Eiche (auf kräftigen Böden der Flußniederungen, doch hier meist mit einem Unterholz) als Beispiele dafür aufgeführt werden, daß unter besonderen Umständen Lichthölzer, zumal solche, welche eine mehr mittlere Stellung einnehmen, in reinen Beständen vorkommen. Ueberdies ist der Eichenschälwald als typische Form besonders zu erwähnen, bei welcher der niedrige Umtrieb entscheidend ist. — Anbau von Schutzbeständen (aus Birke, Kiefer), sowie Anzucht von reinen Beständen (etwa der Eiche) in der Absicht, sie später zu unterbauen, kommen als nicht dauernd beizubehaltende reine Bestände hier nicht weiter in Betracht.

B. Verhalten der Holzarten untereinander. Gemischte Bestände[1]).

§ 10. 1. Allgemeines. Da, wie wir gesehen haben, nur eine ziemlich kleine Anzahl von Holzarten geeignet ist, für sich allein, d. h. in reinem Bestande, dem Boden den erforderlichen Schutz zu gewähren, da sich aber gerade unter den übrigen, den Lichthölzern, eine Reihe unserer wertvollsten, für die vielseitigsten Verwendungszwecke gesuchten Nutzhölzer befinden, auf deren An- und Nachzucht nicht verzichtet werden kann, so müssen sich den reinen Beständen „gemischte“ zugesellen, d. h. solche, welche aus Individuen zweier oder mehrerer Holzarten zusammengesetzt sind, wobei dann die Lichthölzer derart mit Schattenhölzern zusammengebracht werden sollen, daß letztere die Sorge für den Bodenschutz in der Hauptsache übernehmen, während jene, in der Minderzahl, ohne besonderen Nachteil für die Bodenkraft mitwachsen. Die Lichthölzer tragen ja auch ihrerseits, wenn auch in mehr oder weniger bescheidenem Maße, zum Bodenschutz bei, so daß eine geeignete Zusammenordnung von Licht- und Schattenhölzern vollkommen genügt, um die Produktionskraft eines Waldortes dauernd zu sichern. Die zwei großen Gruppen Licht- und Schattenhölzer gestatten folgende drei Arten von Mischungen: a) Schattenhölzer untereinander, b) Schatten- mit Lichthölzern, c) Lichthölzer untereinander. Außerdem sind bezüglich der Mischungen Unterschiede dahin zu machen, ob sie bleibend oder vorübergehend sind, ob die einzelnen Holzarten gleichzeitig oder zu verschiedener Zeit auf die Fläche kommen, ob sie demnach gleichalt oder ungleichaltrig sind, endlich ob eine regelmäßige (reihen-, streifen-, bandweise) oder unregelmäßige, mehr gruppen- oder horstweise Verteilung der einzelnen Holzarten beliebt wird, oder aber ob ein Grundbestand mit Exemplaren einer anderen Holzart in einzelständiger Anordnung der letzteren durchstellt ist.

a) Beispiele vorübergehender Mischungen: 1) Anzucht von Schutz-

1) Vergl. Carl Heyer, „Beiträge zur Forstwissenschaft“ II. Heft, 1847, S. 1 ff.

beständen: Birke, Lärche oder Kiefer auf Blößen behufs Nachzucht von Tanne, Fichte oder Buche; Kiefer in Untermischung mit Eiche, um letztere durch Seitenschutz gegen Frost zu sichern; — 2) Mitanzucht einer Holzart, welche eine frühe Zwischennutzung abwerfen soll, z. B. Fichte (Weihnachtsbäume!) in Pflanzkulturen zwischen ausländischen Hölzern (Douglastanne). — b) Beispiele ungleichzeitiger Mischungen: 1) Voranbau eines Schutzbestandes, nachfolgendes Einbringen der Hauptholzart; 2) Unterbau von Lichthölzern (Eiche) mit Schattenhölzern. — c) Beispiele ungleichalteriger Mischungen sind unter a und b einbegriffen

Die Entscheidung darüber, ob reine oder gemischte Bestände herangezogen werden sollen, wird, wenn zwingende waldbauliche Momente nicht vorliegen, in letzter Linie von der Rentabilität getroffen. Sofern eine Anzahl kaum entbehrlicher Holzarten im reinen Bestand nicht oder wenigstens nicht in hohem Umtriebe ohne Gefährdung der Bodenkraft erzogen werden können, sind, wie bereits hervorgehoben wurde, Mischbestände eine unabweisbare Notwendigkeit. Es könnte sich aber weiterhin die Erwägung aufdrängen, ob nicht auch solche Holzarten, welche vermöge ihres dichten Kronenschlusses zu reinen Beständen taugen, wegen besonderer Vorzüge der Mischbestände allgemein besser in Untermischung mit andern Holzarten angebaut werden, ob also die Begründung gemischter Bestände nicht ganz allgemein als Regel hingestellt werden soll. Solcher Vorzüge passend gemischter Bestände werden in der Tat mehrere angeführt [1]), und zwar wird neben der schon genannten Möglichkeit der Starkholzerziehung von Lichthölzern in der Hauptsache folgendes zugunsten der Mischbestände geltend gemacht: a) Gemischte Bestände gewähren größeren Schutz gegen gewisse Gefahren, indem die einzelnen Mischholzarten in verschiedenem Maße (manche eventuell gar nicht) bedroht sind und dadurch für den Bestand im ganzen eine höhere durchschnittliche Widerstandsfähigkeit entsteht. Wenn letztere auch nicht selten nur mittelbar der Mischung, zunächst jedoch der durch sie ermöglichten kräftigeren Kronenentwicklung, besserer Gesundheit im allgemeinen usw. zu verdanken ist, so bedeutet doch in sehr vielen Fällen schon die Verschiedenheit der Holzarten an sich eine größere Sicherheit für den Bestand. Beispiele: Mischung von Laubholz mit Nadelholz als Schutz gegen Feuer, Pilze und Insekten, desgleichen gegen Schneedruck; flach- und tiefwurzelnde Holzarten bilden unter Umständen einen sturmsichereren Bestand als flachwurzelnde allein; frostharte und -empfindliche Holzarten in Mischung zum Schutz der letzteren usw. — b) Gemischte Bestände „können" die Holzmassenproduktion steigern. Allgemein ließe sich dieser Satz vielleicht aus den verschiedenen Bodenansprüchen der Holzarten, aus der Verschiedenheit ihrer Wurzelbildung (flach- und tiefwurzelnde), ihrer Kronenform, namentlich aber aus den besseren Bodeneigenschaften, welche Lichthölzern im Grundbestande von Schattenhölzern zu gute kommen usw., ableiten. Es wird aber gut sein, wenn man sich solcher allgemeiner Folgerung gegenüber zunächst skeptisch verhält und das Ergebnis einer größeren Anzahl einwandfreier komparativer Untersuchungen abwartet. Einige Erhebungen, welche den in Frage stehenden Vorzug gemischter Bestände bestätigen, liegen zwar vor, aber nur in beschränkter Zahl [2]), längst noch nicht genügend, um alle einschlagenden Beziehungen mit Bestimmtheit nachzuweisen. Andererseits haben z. B. neuere Untersuchungen, welche die württembergische forstliche Versuchsstation in Fichten-Buchen-Mischbeständen angestellt hat, um deren Wuchsleistung im Vergleich zu derjenigen reiner Fichten- und reiner Buchenbestände zu erfahren, durchaus keine Ueberlegenheit, sondern teilweise sogar ein nicht uner-

1) Vergl. Carl Heyer daselbst S. 32 ff.

2) Carl Heyer a. a. O. S. 35 ff. — Borgmann, Grundzüge der Geschichte und Wirtschaft der Kgl. Oberförsterei Eberswalde, 1905, S. 26.

hebliches Zurückbleiben der Mischbestände ergeben [1]). Zur vollen Klärung der Frage sind noch zahlreiche Aufnahmen nötig. So wäre z. B. auch hinsichtlich einiger, in größerer Ausdehnung vorkommender Nadelholzmischungen, wie Tanne und Kiefer, Tanne und Fichte, Tanne, Fichte und Kiefer (Schwarzwald, Vogesen), welche offenbar Gutes leisten, der zahlenmäßige Vergleich ihrer Massenproduktion mit derjenigen reiner Bestände jener Holzarten auf gleichem Standort noch durch ausgedehnte Untersuchungen zu führen. Nadelhölzer, wie Fichte, Kiefer, Tanne, bilden, in Buchen eingesprengt, erfahrungsgemäß oft besonders bedeutende Dimensionen heraus. Daß übrigens eine Mehrproduktion, wenn sie insgesamt eintritt, wohl wesentlich auf freiere Kronenentwickelung einzelner schneller wüchsiger Bäume im Mischbestande zurückzuführen sein dürfte, während eine Wachstumssteigerung in gleichalterigen, gleichhohen Beständen durch die Mischung allein kaum oder doch nur in beschränktem Maße verursacht werden möchte, hat W a g e n e r [2]) hervorgehoben. Der den Mischbeständen in Verbindung mit der Massensteigerung vielfach noch nachgerühmte Vorzug der Wertsteigerung trifft jedenfalls noch weniger zu als der höherer Massenerträge. Der einzelne, in Mischung mit einem Schattenholz astrein und vollholzig erwachsene Lichtholzstamm kann für sich allein betrachtet sehr wohl eine Wertssteigerung im Vergleich zum gleichalten Stamm des reinen Lichtholzbestandes erkennen lassen, der Gesamtwertsertrag des Mischbestandes bleibt deshalb nach den vorliegenden Erfahrungen hinter dem Gesamtwertsertrag des reinen Bestandes zurück. In finanzieller Hinsicht sind die Mischbestände zweifellos minderwertiger als die reinen Bestände. — c) Gemischte Bestände dienen zur Verminderung der Betriebsklassen. Dies geschieht einmal dadurch, daß sie eine einheitliche Schlagordnung (normale Altersstufenfolge) gestatten, wo sonst, wenn man von jeder Holzart jährlich einen Ertrag haben möchte, ebensoviele selbständige Schlagordnungen nötig wären, als Holzarten vorhanden sind (bei kleiner Gesamtfläche insbesondere ganz undurchführbar); sodann dadurch, daß innerhalb gewisser Grenzen ein Ausgleich der Umtriebszeiten im Mischbestande möglich erscheint; Verschiedenheit der Umtriebszeit wäre sonst ein zwingender Grund für Ausscheidung besonderer Betriebsklassen der einzelnen Holzarten. Beispiele: Kiefer, für sich mit 80jährigem, Buche, für sich mit 120jährigem Umtrieb zu behandeln, lassen sich unter Umständen in der Mischung, in welcher ein besserer Bodenschutz und Bestandesschluß als im reinen Kiefernbestand bewahrt bleibt, zu einem mittleren Umtrieb von 100 Jahren vereinigen. Es kommt hinzu, daß manche Holzarten gar nicht in solcher Masse auf dem Markte begehrt werden, als daß es sich lohnen würde, durch reine Bestände den Bedarf nachaltig decken zu wollen, während man sie andererseits doch im Handelsverkehr nicht ganz entbehren kann (Ahorn, Linde, Elsbeere usw.). — d) Die Mischung verschiedener Holzarten kann ein Mittel bieten zur Herbeiführung rasch und regelmäßig verlaufender Streuzersetzung, die im Gegensatz zur Anhäufung von mehr oder weniger toten Humusmassen nur erwünscht ist. Denn die Art der Zersetzung (Umfang, Raschheit derselben) ist beim Laub bezw. den Nadeln verschiedener Holzarten eine wesentlich verschiedene, und es leuchtet ein, wie günstig es wirken kann, wenn leicht und rasch zersetzbare Streumengen zu widerstandsfähigeren hinzutreten. Leicht zersetzbar ist z. B. das Laub von Esche, Ahorn, Hainbuche, sind die Nadeln von Weymouthskiefer und Douglasie. Besonders vorteilhaft ist im Hinblick auf die normale Zersetzung der Streu

---

1) Vergl. L o r e y, Mischbestände aus Fichte und Buche. Allg. Forst- und Jagd-Ztg. 1902, S. 41.

2) Vergl. W a g e n e r, „Waldbau", S. 141 ff.

die Mischung von Laubholz (Buche) mit Fichte oder Tanne. Die mit der Lockerung des Kronendaches durch das winterkahle Laubholz in Verbindung stehende stärkere Einwirkung der Atmosphärilien auf die Streudecke führt, von den Vorteilen der Mischung der Streu ganz abgesehen, zu rascherer Zersetzung des Pflanzenabfalles. — e) Gemischte Bestände tragen unzweifelhaft zur Verschönerung der Gegend bei.

Diesen Vorzügen stehen aber doch manche nicht unerhebliche Bedenken gegenüber: a) Selbst wenn wirklich allgemein die Mischung eine Massenproduktionssteigerung bedingen würde, müßte von ihr abgesehen werden, falls die Gesamtwertserzeugung des Bestands dadurch eine beschränktere würde, daß geringwertige Holzarten (z. B. Buche) einen Teil der Stellen einnehmen, an welchen höherwertige (Nutzhölzer, wie Fichte, Tanne etc.) stehen könnten. Es ist freilich in vielen Fällen fraglich, ob diejenige Holzart, welche heute die vorteilhafteste ist, dauernd den Vorzug verdienen wird, oder ob ihr nicht eine andere in Zukunft den Rang ablaufen wird. Im allgemeinen wird aber jedenfalls das Nutzholz dem Brennholz überlegen bleiben, so daß es recht wohl verständlich ist, wenn man sich insbesondere gegen eine erhebliche Beimischung der Buche zu schattenertragenden Nadelhölzern (Tanne, Fichte) ablehnend verhält. — b) Gemischte Bestände verursachen, in Absicht auf Forsteinrichtung, Bestandesbegründung und -erziehung, Holzernte usw. manche Wirtschaftserschwerung, während umgekehrt reine Bestände sämtliche waldbaulichen Operationen, ganz besonders die in Mischbeständen hochwichtigen Erziehungsmaßnahmen vereinfachen, die Erntearbeiten, die Abgabe und den Transport des Holzes erleichtern und nach der betriebstechnischen Seite viel bequemer sind. Wohl hauptsächlich aus letzterem Grunde, der aber, selbst wenn die Tatsache an sich richtig ist, niemals für die Wahl des Wirtschaftsverfahrens allein entscheidend sein darf, finden sich gemischte Bestände längst noch nicht oder längst nicht mehr in der für sie von einer Mehrzahl von Forstwirten gewünschten Verbreitung. Daß reine Bestände dann, wenn die eine Holzart örtlich unzweifelhaft die tauglichste, bezw. vorteilhafteste ist, den Vorzug verdienen, bedarf keiner nochmaligen Hervorhebung.

In solchen gemischten Beständen, in denen zwei oder mehrere Holzarten nicht zu annähernd gleichen Teilen vertreten sind, sondern eine Holzart entschieden überwiegt, bildet diese, die wohl auch als die herrschende bezeichnet wird, den sog. Grundbestand, während die anderen Holzarten als beigesellte oder Nebenholzarten erscheinen. Diese Unterscheidung bezieht sich zunächst nur auf Häufigkeit des Vorkommens im Bestande. An Wertsleistung und damit auch an Bedeutung für den Effekt der Wirtschaft ist die beigesellte, in der Minderheit vorhandene Holzart nicht selten der den Grundbestand bildenden überlegen, so daß sie eigentlich zur führenden, zur Hauptholzart wird. Insbesondere gilt dies von den Mischungen der Rotbuche mit Nutzhölzern.

2) Allgemeine Regeln für die Anlage gemischter Bestände.

§ 11. Voraussetzung ist, daß die Holzarten an sich für den betreffenden Standort passen.

a) Den Grundbestand der Mischung muß eine schattenertragende Holzart bilden, d. h. eine solche, welche in dem in § 9 angegebenen Sinne die Bodenkraft erhält. — b) Werden Schattenhölzer miteinander gemischt, so müssen sie entweder gleichen Höhenwachstumsgang haben, oder es muß die langsamer wüchsige einen Vorsprung besitzen oder durch wirtschaftliche Maßregeln (Freihieb) geschützt werden. Bei allen Mischungen ist natürlich die relative Beteiligung der verschiedenen

Holzarten von Belang. Es ist z. B. sehr viel leichter, eine geringere Zahl von Exemplaren der rascher wüchsigen Fichte im Buchengrundbestande hoch zu bringen als umgekehrt wenige Buchen im Fichtengrundbestande. — c) Schattenhölzer und Lichthölzer taugen nur dann zu einer Mischung, wenn die letzteren dauernd die ersteren überragen, was dann geschieht, wenn sie entweder rascher in die Höhe gehen als die Schattenhölzer oder, im Falle gleicher oder gar geringerer Höhenentwickelung, einen entsprechenden Altersvorsprung vor diesen haben.

Zur Erläuterung der Sätze b und c sei darauf hingewiesen, daß keine einzige Holzart — auch die Schattenhölzer nicht — bei andauernder Ueberschirmung sich gut zu entwickeln vermag. Mindestens muß der Gipfel schirmfrei sein, d. h. frei zum Luftraum hinaufschauen, ohne daß die Aeste von Nachbarn über ihn hereinragen. Wenn auch ausgesprochene Schattenhölzer, wie in erster Linie die Tanne, selbst durch eine länger dauernde, mehr oder minder intensive Beschirmung noch nicht geradezu zum Absterben gebracht werden, so ist ihr Wuchs doch unter solchen Verhältnissen ein kümmerlicher. Dabei finden sich naturgemäß nach Holzart, Beschaffenheit des Individuums, Alter, Standörtlichkeit, Maß und Zeitdauer der Ueberschattung usw. die mannigfaltigsten Abstufungen. Lichthölzer sind in dieser Hinsicht sehr viel empfindlicher. Dies liegt schon im Begriff des Lichtholzes. Bei extremen Lichthölzern (Lärche) genügt es zur freudigen Entwickelung keineswegs, wenn ihr Gipfel freien Himmelsraum über sich hat, sondern sie verlangen dazu auch, daß ihre Krone, oder doch wenigstens deren oberer Teil, seitlich nicht beengt ist. Im allgemeinen sind die einzelnen Holzarten in dieser Hinsicht um so anspruchsvoller, je größer ihr Lichtbedürfnis ist. Jedenfalls ist dieses verschiedene Verhalten bei der Frage nach der Mischungsmöglichkeit in erster Linie zu beachten. Die Möglichkeit der Mischung ist auch wesentlich von dem relativen Höhenwachstum der Holzarten abhängig, d. h. davon, wie sich durchschnittlich die Höhenentwickelung einer Holzart zu derjenigen einer anderen Holzart vollzieht. Jede Holzart hat ihre (namentlich durch den Beginn des raschen Ansteigens, sowie durch die Lage des Wendepunktes in der Jugend und dann des Kulminationspunktes im späteren Alter) besonders charakterisierte Höhenkurve. Die absoluten Werte der Ordinaten ändern sich innerhalb der nämlichen Holzart nach dem Standort, der Waldbehandlung usw., während das relative Verhalten, trotz der mit wechselnder Standortsgüte sich verschiebenden Lagerung der charakteristischen Kurvenpunkte, namentlich des Maximums, doch ungefähr das gleiche bleibt (cfr. II. 3 dieses Abschnittes S. 12). Wird eine Holzart von einer anderen überwachsen, so wird sie dadurch meist (Beschattung, Entzug der Niederschläge etc.) geschädigt, kann jedoch auch, vorübergehend wenigstens, (durch Schutz gegen Frost, Hitze) in ihrer Entwickelung gefördert werden, letzteres aber nur, wenn die überwachsende Holzart nicht zu massenhaft beigemengt und nicht zu dichtkronig ist, weil anderenfalls die schädigenden Einflüsse überwiegen. Ueberdies ist ein solcher Schutz meist nur in der Jugend von Belang. Namentlich wenn gleichzeitige, bezw. gleichalterige Mischungen beliebt werden, ist in erster Linie die Höhenentwickelung im jugendlichen Alter entscheidend. Eine Lichtholzart verträgt, wie schon angeführt wurde, dauernde Ueberwachsung in keinem Falle, am allerwenigsten durch eine Schattenholzart, während umgekehrt der lockere Kronenschirm nicht zu zahlreicher Lichthölzer (wie Lärche, Birke) einem Schattenholz die normale Entwickelung nicht notwendig benimmt. Seitenlicht (Bestandesränder, Steilhänge) wirkt modifizierend.

d) Lichtbedürftige Holzarten sind zu dauernden Mischungen nicht zu verbinden. Folgt aus a. Ausnahmen ergeben sich in den nämlichen Fällen, in welchen auch reine Bestände aus Lichthölzern unbeanstandet bleiben (cfr. S. 19). — e) Die Mischung kann, je nach Umständen, eine gruppen- und horstweise oder eine Einzelmischung sein.

Man spricht von Einzelmischung, wenn Einzelexemplare verschiedener Holzarten in der Zusammenordnung zum Bestand mit einander abwechseln oder die Exemplare einer Holzart einzeln in dem durch eine andere Holzart gebildeten Grundbestande eingesprengt sind. Treten dagegen die einzelnen Holzarten in einer Mehrzahl von Exemplaren zusammen, bilden also für sich Gruppen oder (bei größerer Flächenausdehnung dieser Verbände) Horste, und setzen dann im wesentlichen solche Verbände je der gleichen Holzart in Abwechselung die Bestände zusammen, so hat man die gruppen- oder horstweise Mischung. Gruppe und Horst gehen ineinander über; eine für alle Fälle bestimmte Größe der Fläche als Grenze für beide läßt sich nicht angeben. Man könnte, wenigstens bei Lichthölzern, vielleicht die Gruppe im Gegensatz zum Horste dann noch als gegeben ansehen, wenn im Alter der beginnenden natürlichen Lichtstellung vom umgebenden Bestandesrand her noch eine für den Boden genügende Beeinflussung (Laubabfall, Beschattung) bis zur Mitte der betr. Fläche hin stattfindet, während man einen Horst hat, sobald die bodenschützende Wirkung des Grundbestandes sich nicht mehr auf die ganze Fläche erstreckt.

Eine allgemein bindende Regel soll in Beziehung auf die Unterscheidung ad e nicht aufgestellt werden. Heyers Waldbau verlangt im allgemeinen (5. Aufl. S. 53) Einzelmischung, während viele neuere Waldbauschriften (z. B. Gayer)[1]) mehr für gruppen- und horstweise Mischung eintreten. Bei Beantwortung der Frage, ob man reine oder gemischte Bestände vor sich habe, also bei der Definierung dieser beiden Bestandesarten, muß grundsätzlich daran festgehalten werden, daß ein Mischbestand im strengen Sinne des Wortes eigentlich nur dann vorliegen würde, wenn durchgängig in obigem Sinne Einzelmischung vorhanden wäre. Bestände, in welchen in der Hauptsache Einzelbäume, bezw. an deren Stelle auch wohl kleine Gruppen (Trupps) der verschiedenen Holzarten in Untermischung stehen, finden sich z. B. bei Tanne und Fichte. So oft eine Lichtholzart mit in Konkurrenz tritt, ist das Verhalten in der Regel so, daß man einen mehr oder minder zusammenhängenden Grundbestand der Schattenhölzer hat, in welchem die Lichthölzer verteilt sind, und nun kommt es darauf an, ob diese Verteilung (künstlich oder durch die Natur) so bewirkt ist, daß die Individuen der Lichtholzart zumeist in Gruppen und Horsten zusammenstehen oder als Einzelexemplare auftreten. Horste, ja selbst Gruppen (also kleine Horste) einer beigesellten Holzart sind, genau genommen, nichts anderes als reine Bestände, mithin treffen für sie a priori alle die für solche geltenden Sätze zu, nur dadurch modifiziert, daß von den Rändern des Horsts her der Einfluß des umgebenden Holzes sich auf eine gewisse Erstreckung hin geltend macht. Namentlich wäre ein größerer Horst aus Lichthölzern zunächst ebenso bedenklich, wie ein reiner Bestand aus solchen. Diese und die weitere Erwägung, daß eine gegenseitige Beeinflussung der Mischhölzer im Sinne der Stammpflege nur dann möglich ist, wenn die Individuen der verschiedenen Arten miteinander in Konkurrenz treten, führt zu Einzelmischung. Aber es ist zu beachten, daß letztere die Bestandeserziehung erschwert, indem man die einzeln eingesprengten Beiholzarten nicht so leicht im Auge behalten kann, als dies bei horstweiser Anordnung derselben möglich ist [2]). Die Lichthölzer werden im vorgeschritteneren Alter von den Schattenhölzern immer mehr oder weniger bedrängt. Hat man Lichtholzgruppen und -Horste, so haben nur die Randstämme derselben den Kampf zu bestehen, während die Bäume in deren Innerem sich nur mit ihresgleichen abfinden müssen. Sofort aber ist zu erwägen, ob der bodenschützende Einfluß des umgebenden Grundbestandes sich bis in die Mitte der betr. Fläche erstreckt, oder ob nicht für letztere noch besondere Mittel zur Bewahrung der Bodenkraft (Unterbau) erforderlich werden. Die kleinere Gruppe kann solcher Maßnahmen wohl entraten; aber sobald man mit Horsten operiert, löst sich das Ganze unzweifelhaft in einen Komplex aus einzelnen reinen Beständen auf, für welche nur an den Rändern die Bedingungen des Mischbestandes noch als vorhanden eingeräumt werden können. Die ganze Frage wird eigentlich vom Standort entschieden. Man sollte — soweit sich dies mit der Uebersichtlichkeit der Wirtschaft, einem Betrieb in großem Zuge, der manchen Vorteil bietet, verträgt — grundsätzlich auf jedem (kleinen oder großen) Waldbodenteil diejenige Holzart erziehen, welche für ihn am besten paßt, bezw. auf ihm am besten rentiert. Freie Wahl hätte man hiernach also nur auf Böden, welche durchgängig gleichartig sind und mehrere Holzarten zulassen. Hier kann man mischen oder (Schattenhölzer) rein anbauen, man kann Einzelmischung oder horstweise Anordung wählen, und hier wäre die Einzelmischung im allgemeinen vorzuziehen. In sehr vielen Fällen, und vorab fast stets im Hügelland und Gebirg, also wohl auf dem größeren Teil unserer gesamten Waldbodenfläche, wechselt aber die Standortsgüte, oft innerhalb der einzelnen Waldabteilung (Mulden, Rücken etc.). Will man auch nicht jeden einzelnen kleinen Unterschied berücksichtigen, so muß doch eine sorgfältige Begutachtung der Bodenproduktionsfähigkeit in dem Maße gefordert werden, daß man nicht größere in sich nicht gleichartige Flächenteile gleichwohl mit Gewalt als einheitliche Ganze bewirtschaftet, sondern bessere Partien den anspruchsvolleren Holzarten (z. B. tiefgründige, frische Böden der Eiche) zuweist, diese dagegen von geringeren Partien (steinigen, trockenen Köpfen usw.) fern hält. Wie weit man bei solcher Ausscheidung ins Detail arbeiten soll, läßt sich nicht allgemein bestimmen. Jedenfalls aber geht dadurch die Einheitlichkeit des Bestandes innerhalb des einzelnen Waldteiles verloren und der Gesamtbestand gestaltet sich zu einer Anzahl von Einzelbeständen, die in sich gleichartig (reine Bestände, event. mit Unterbau), aber auch wieder Mischbestände sein können. Es kann sich im einzelnen naturgemäß eine größere oder geringere Mannigfaltigkeit ergeben, je nachdem man der einen oder anderen der dabei auftretenden Erwägungen (sorgsamste Ausnutzung jeder kleinen Bodenverschiedenheit einerseits, oder Vereinheitlichung der Wirtschaft und Vereinfachung der Forsteinrichtung andererseits etc.) das größere Gewicht beimißt. In den meisten Fällen wird Vermeidung der Extreme im Interesse der Wirtschaft (wenigstens bei großem Waldbesitz) gelegen sein.

3) Spezielle Regeln:

§ 12) a) Schattenhölzer untereinander:

1) Tanne und Fichte: Die Tanne, in der Jugend langsamer wüchsig, wird von

1) Gayer, „Waldbau" und dessen „Der gemischte Wald, seine Begründung und Pflege, insbes. durch Horst- und Gruppenwirtschaft", 1886.

2) Durch regelmäßige Verteilung etwa in Reihen oder dergl. läßt sich übrigens manchmal, wenn auch keineswegs immer, helfen.

der Fichte überholt, kommt aber wieder nach, falls die Fichte nicht zu zahlreich. Sehr gute Mischung [1]), die bei natürlicher Verjüngung wieder erscheint, wenn durch Reduktion der Fichten auf eine geringere Zahl, sodann durch Dunkelhalten des Samenschlags (so daß der Fichtenanflug zunächst wieder vergeht, während sich die Tanne hält) die Tanne vorerst begünstigt wird. Die hin und wieder angewendete regelmäßige reihenweise Mischung führt gemeinhin zu keinem befriedigenden Resultat, ebensowenig wie die regelmäßige Einzelmischung. Die Tanne wird in solchen Mischungen, namentlich dann, wenn der Boden den von ihr gestellten höheren Ansprüchen in bezug auf Nährkraft und Tiefgründigkeit nicht entspricht, von der Fichte von Jugend auf überwachsen und bleibt, wenn ihr nicht ganz energisch zu Hilfe gekommen wird, sitzen. — 2) Tanne und Buche: Die größere Nutzfähigkeit der Tanne verlangt besondere Rücksichtnahme auf diese Holzart; sie soll herrschende Holzart sein und ist, namentlich auf der Buche behagendem Standort, in der Jugend vor der Buche zu schützen. Bei der Verjüngung ist zunächst nur auf Tanne zu wirtschaften und erst, wenn deren Nachwuchs gesichert ist, die für die junge Buche nötige lichtere Stellung zu geben. Größere Sicherheit der mit Buche durchstellten Tannenbestände gegen Stürme! — 3) Buche mit Fichte: Auch hier ist die Buche an sich die minderwertige Holzart. Sie wird von der Fichte bald überholt und bei reichlicher Beimischung derselben in eine mehr untergeordnete Stellung gedrängt. Will man die Buche gleichwertig erhalten (wozu aber meist kein Grund vorliegen dürfte), so muß sie an Zahl überwiegen. Im allgemeinen wird es, auch mit Rücksicht auf den Boden etc., genügen, wenn die Buche in der Zusammenordnung mit Tanne oder Fichte oder mit beiden etwa $^1/_4$—$^1/_5$ der Bestandesmasse ausmacht und zwar mehr in Gestalt eines Zwischen- und Füllholzes, weniger als herrschender Stamm. Tritt die Buche aber nicht herrschend, sondern mehr nur als bodenpflegendes Füllholz auf, so bereitet die Verjüngung solcher Bestände, vorausgesetzt, daß die Mischung in dem genannten Verhältnis auch in dem neuen Bestande beibehalten werden soll, meist große Schwierigkeiten und endet vielfach mit dem Ergebnis, daß an Stelle des ehemaligen Mischbestandes ein reiner Fichten- bezw. Tannenbestand tritt, dem nur auf künstlichem Wege (durch Unterbau oder Saat) die gewünschte Durchsprengung mit Buche verschafft werden kann. — 4) Tanne, Fichte und Buche: Treffliche Mischung, wenn Tanne und Fichte überwiegen. Wo die Buchenbrennholzpreise besonders hoch stehen, oder sich für Buchennutzholzverwendung ausnahmsweise günstige Gelegenheit bietet, kann man der Buche in der Mischung selbstredend mehr Raum gönnen. Bei der Verjüngung entscheidet, falls die Mischung erhalten bleiben soll, zunächst wieder die für die Tanne geeignete dunkle Schlagstellung.

b) Schatten- und Lichthölzer:

1. Tanne als Grundbestand: Charakteristisch ist, daß die Tanne anfänglich von allen Lichthölzern überwachsen wird, ihnen (namentlich den Laubhölzern) aber im Stangenholzalter (früher oder später) vielfach wieder nachkommt, ja viele von ihnen erheblich überwächst. Gleichalterige Mischungen der Tanne mit lichtbedürftigen Laubhölzern, wie Eiche, Esche, Ahorn finden sich in den Haupttannengebieten von Natur kaum anders als so, daß diese Holzarten einzeln da und dort eingesprengt sind, oder so, daß die gleichzeitig beigesellte Buche gewissermaßen die Vermittelung übernimmt. Jene Mischung planmäßig herbeizuführen, liegt meist kein Grund vor. — Dagegen kann sich wirtschaftlich sehr empfehlen [2]) die Mischung der Tanne mit der Kiefer, welch letztere Holzart den höheren Tannenumtrieb meist trefflich aushält und dabei besonders wertvolle Stämme herausbildet. — Tanne mit Lärche insofern bedenklich, als es im geschlossenen Bestande oft nicht gelingt, der lichtbedürftigen Lärche, welche selbst seitliche Bedrängung übelnimmt, den erforderlichen Vorsprung dauernd zu wahren. — Tanne und Birke nur insolange zulässig, als die vorwüchsige Birke die Gipfel der Tanne nicht beschädigt (event. Schneitelung der Birke).

2. Fichte als Grundbestand: Die Fichte verhält sich im allgemeinen ähnlich wie die Tanne, geht nur von vornherein rascher in die Höhe und bedarf deshalb in der Jugend nicht in dem Maße, wie die Tanne, der Unterstützung im Kampf mit anderen Holzarten. Fichte mit Kiefer meist gut. Bei gleichzeitiger Mischung der Fichte und Kiefer muß aber, falls man nicht demnächst einen Kiefernbestand mit Fichtenunterwuchs haben will, die Fichte an Zahl beträchtlich vorherrschen. Je nach dem Standort ist die Gefahr für die Fichte größer oder geringer (auf trockenen Böden bleibt die Fichte rascher zurück). Die von der Kiefer nicht völlig unterdrückten Fichten holen auf besseren Böden die Kiefer später wieder ein, zumal bei erhöhtem Lichtgenuß, wie z. B. infolge Schneebruchs. Bislang völlig zurückgebliebene Fichten erweisen sich dann oft noch als sehr entwickelungsfähig, indem sie in die entstandenen Lücken einwachsen. Bei reihenweiser oder Einzelmischung von Fichte und Kiefer ist darauf zu achten, daß auf Böden, die das Hochwerden der Fichte nicht erwarten lassen und ihr von vornherein die Rolle als Bodenschutzholz zuweisen, die Kiefer in hinreichend engem Verband erzogen wird, da sonst die über die Fichten hinauswachsenden Kiefern ästige Sperrwüchse werden. — Fichte mit

1) Z. B. in vielen Revieren des Schwarzwaldes. Die Mischung ist daselbst meist eine gruppen- und horstweise, wie dies durch den Gang der Verjüngung bedingt ist.

2) Z. B. Oberförsterei Wasselnheim — Elsaß.

Lärche meist noch weit zweifelhafter wie Tanne mit Lärche, weil die Fichte der Lärche rascher nachdrängt. Bei räumlicherer Bestandesstellung und im Genusse reichlichen Seitenlichtes (höhere Gebirgslagen, steile Hänge) gelingt es der Lärche eher, ja bisweilen sehr gut, sich zu behaupten, insbesondere, wenn sie der Fichte reichlich beigesellt ist. — Fichte mit Birke, wie Tanne mit Birke. — Desgleichen Fichte mit Eiche, Esche, Ahorn, Ulme etc. Will man, um in einem Fichtengebiet genügende Mengen von Eichenholz zu erziehen, etwa Fichte und Eiche in Mischbeständen haben, so empfiehlt sich Einbringen der Eiche in Horsten bezw. flächenweise Sonderung. Bei reihenweiser oder Einzelmischung wird die Eiche meist früher oder später von der Fichte totgedrückt. Diese Mischung empfiehlt sich nach vielen übereinstimmenden Erfahrungen gar nicht. Ebensowenig ist der Unterbau älterer Eichenbestände mit Fichte zu empfehlen: auf nicht sehr frischen Böden führt der Fichtenunterwuchs zur Zopfdürre und Zuwachsrückgang der Eichen.

3. Buche als Grundbestand: Die Buche ist für die meisten lichtkronigen Laubhölzer die gegebene, ebenso aber auch für Kiefer und Lärche eine treffliche Mischholzart, welche durch ihre schirmende Krone und ihren Laubabfall auf den Boden in hervorragendem Maße günstig wirkt. Nur muß man sorgen, daß die Lichthölzer, falls sie nicht entschieden rascher wüchsig sind als die Buche, von letzterer nicht bedrängt (seitliche Beengung der Krone ist oft schon verderblich) oder gar überwachsen werden. In Untermischung mit der Buche zieht man die Halbschattenhölzer Hainbuche, Linde am besten. Sodann werden Ahorn, Esche, Ulme, Birke, Aspe etc., vor allem aber die Eiche zweckmäßig mit der Buche zusammengebracht. Ahorn kann in der Jugend recht vordringlich werden und ist dann, wenn die Buche nicht zu sehr zurücktreten soll, zu reduzieren; Esche und Ulme in großer Zahl sind (wegen des besonders wertvollen Holzes) meist nur erwünscht. Der Mischung der Buche mit Esche und Ahorn kommt örtlich (z. B. in der schwäbischen Alb) besondere Wichtigkeit zu. Birke und Aspe dürfen mit Rücksicht auf Bodenschutz und Massenproduktion nicht in größerer Menge und jedenfalls nicht in größeren Gruppen oder gar Horsten vorkommen. — Von hervorragender Bedeutung ist die Mischung der Buche und Eiche, und zwar handelt es sich hier zunächst um (wenigstens annähernd) gleichalterige Mischung (Unterbau der Eiche ist später, § 84 besprochen). Ob Eiche oder Buche vorwüchsig ist, läßt sich zwar nicht ganz allgemein angeben [1]), doch ist in dieser Hinsicht der schon S. 13 berührte Unterschied zwischen Stieleiche und Traubeneiche zu beachten; der, ausweislich zahlreicher Beobachtungen [2]), mehr Schatten und Seitendruck ertragenden, anspruchsloseren, schnellwüchsigeren und durch bessere Schaftbildung (vielleicht infolge der kräftigeren Endknospe) gekennzeichneten Traubeneiche wird die Konkurrenz mit der Buche leichter. Nach den Erfahrungen im Solling [3]) hält die Traubeneiche im rascheren Wachstum aus und bleibt infolgedessen im gleichalterigen Buchengrundbestande mitherrschend, die Stieleiche vermag auf gutem Boden wohl in der ersten Jugend mit der Buche Schritt zu halten, unterliegt aber bald. Immerhin wird, wie auch im Spessart zu beobachten ist, auch die Traubeneiche im Stangenholzalter von der Buche oft eingeholt und so hart bedrängt, daß einzeln stehende Exemplare sich im umgebenden Buchenbestande nur zu halten vermögen, wenn ihnen durch Freihieb seitens der Wirtschaft ausgiebigste Hilfe gewährt wird. Letztere muß schon im Gertenholzalter einsetzen und durch alle Lebensalter des Bestandes andauern: eine im großen Betrieb sehr weitgehende Forderung, welcher nicht ohne oft beträchtliche Kosten, jedenfalls aber nur bei größter Aufmerksamkeit und Ausdauer des Wirtschaftspersonals genügt werden kann. Horstweises Einbringen der Eiche (Horste von beträchtlicherem Umfang am meisten empfohlen) in Gestalt des Vorbaus (am besten durch Saat), so daß die Eiche einen entsprechenden Höhenvorsprung hat, sichert deren Heraufwachsen inmitten des später sich ringsum einstellenden Buchenaufschlags; man kommt dann aber, wie schon oben S. 24 betont wurde, zu reinen Beständen, welche demnächst unterbaut werden müssen [4]).

c) Lichthölzer unter einander.

Besondere Fälle sind z. B. Birke, Eiche etc. eingesprengt in die Kiefernbestände auf Sandböden, wo man sich, um überhaupt etwas Laubholz zu erziehen, mit dieser an sich zweifelhaften Mischung begnügen muß. Sodann: Erle mit Esche, auch Birke (bes. Betula pubescens) etc. auf nassen Standorten; Eiche mit Ulme, Esche, Erle, Pappel u. a. auf den fruchtbaren, tiefgründigen Böden der Flußniederungen usf.

Die ehemals häufigere Mischung zweier Lichthölzer, die von Kiefer und Eiche, die durch das Vorkommen guter Eichen auf hinreichend frischen und tiefgründigen, mineralisch nicht zu armen Kiefernstandorten gewissermaßen legitimiert sind, kann dort, wo der Boden eine befriedigende Entwicklung der Eiche gewährleistet, besser ersetzt werden durch die Mischung

1) Ed. Heyer (cfr. u. a. Zeitschrift f. Forst- u. Jagdwesen, Novbr. 1886) führt das tatsächlich oft raschere in die Höhewachsen der Eichen gegenüber der Buche auf die geringere Empfindlichkeit der Eiche gegen Frost, bezw. das bessere Ueberwinden der Frostschäden zurück; in frostfreier Lage (Nord-, Westhänge) sei die Buche in der Jugend vorwüchsig.

2) Cfr. u. a. Ney in „Aus dem Walde“ Nr. 49 von 1899.

3) Verhdlgn. d. Hils-Solling Forstvereins. 27. Vers. 1890, S. 10 ff.

4) Vergl. Gayer, „Die neue Wirtschaftsrichtung in den Staatswaldungen des Spessarts“, 1884.

der Eiche mit einem dann zweifellos auch entwicklungsfähigen Schattenholz. Auf ausgesprochenem Kiefernboden aber, wo die Eiche die ihr nötigen Bodenverhältnisse nicht findet und deshalb von der Kiefer leicht überwachsen wird, hat diese Mischung ebensowenig Berechtigung wie die auf eine totale Verkennung der Lärchennatur schließen lassende Mischung der Kiefer mit der Lärche. — Auch die hier und da aus Ausbesserungen lückiger Eichenkulturen hervorgegangene Mischung von Eiche und Lärche hat meist zu keinem anderen Ergebnis als zu frühzeitig zurückgehenden und verunkrautenden Beständen geführt.

Alle Erfahrungen mit Mischungen von Lichtholzarten unter sich weisen darauf hin, daß solche Mischungen nur auf den besten und auf den schlechtesten Böden zulässig sind. Auf den ersteren findet sich der notwendige Bodenschutz meist von selbst in Gestalt von Strauchwerk und Unterholz (Auewaldungen) ein oder kann durch Unterbau eines Schattenholzes geschaffen werden; auf den letzteren, wo meist sowieso nur Lichthölzer, Kiefer und Birke gedeihen, macht es nichts aus, ob diese rein oder in Mischung auftreten.

Bestände aus Kiefer und Eiche in der Form abwechselnder breiter Streifen aus den beiden Holzarten sind füglich als entsprechend viele schmale reine Bestände zu betrachten. Die Eichenstreifen, welche meist höheres Alter erreichen sollen, müssen unterbaut werden.

C. Holzartenwechsel.

§ 13. Ist es für die Erzielung dauernd höchster Ertragsleistung notwendig, nach Abtrieb eines Bestandes, also etwa von Umtrieb zu Umtrieb, mit der Holzart zu wechseln? Da die Holzarten verschiedene Ansprüche an die Mineralbestandteile des Bodens machen, so liegt der Gedanke nahe, ob nicht durch regelmäßigen Holzartenwechsel in dem Sinne, wie die Landwirtschaft einen Fruchtwechsel eintreten läßt, von einem bestimmten Boden dauernd die höchstmöglichen Erträge an Forstprodukten erzielt werden können. Vorausgesetzt, daß die hierbei für einen konkreten Fall etwa in Wahl kommenden Holzarten im übrigen wirtschaftlich gleichwertig sind, läßt sich gegen einen solchen Wechsel an sich nichts einwenden, Aber einmal ist diese Voraussetzung in den weitaus meisten Fällen nicht zutreffend, und sodann ist der Wechsel der Holzart als Regel mindestens keine Notwendigkeit, weil — bei einer den Boden sorgsam pflegenden Wirtschaft — durch den relativ sehr geringen und je nur in langen Zeiträumen erfolgenden Entzug an Mineralstoffen keine so weit gehende Schwächung der Bodenkraft stattfindet, daß bei wiederholter Anzucht der gleichen Holzart ein Nachlassen im Ertrag oder gar ein völliges Versagen zu befürchten ist. Wo freilich die nötige Bodenpflege fehlt, wo insbesondere rücksichtslose Streunutzung, unbedachte Verlichtung der Bestände usw. das fernere Gedeihen einer irgend anspruchsvollen Holzart zweifelhaft machen, da kann die Vermittelung einer minder begehrlichen Holzart zum Zwecke der Bodenverbesserung angerufen werden müssen (Kiefernanbau auf zurückgegangenen Laubholzböden). Derartige durch eine Notlage herbeigeführte Holzartenwechsel lassen sich vielfach nachweisen (nordwestdeutsches Heidegebiet). Ebenso tritt jetzt in vielen Fällen aus rein wirtschaftlichen Gründen eine wertvollere Holzart an Stelle einer minderwertigen (Umwandlung von Buchenorten in Nadelholz), ein Vorgang, welcher stets gerechtfertigt ist, wenn damit unzweifelhaft eine d a u e r n d höhere Rentabilität des Waldes herbeigeführt wird. Auch Gründe des Forstschutzes (Wildschaden, Schnee, Insekten etc.) können da und dort einen Holzartenwechsel, zumal den Uebergang von reinen zu gemischten Beständen, rätlich erscheinen lassen. Solche und ähnliche, durch Rücksichten der Wirtschaftlichkeit und den ungestörten Verlauf des Forstbetriebes gebotene besondere Maßnahmen sind immerhin nicht geeignet, einen Holzartenwechsel als Regel zu empfehlen. Es scheint aber, als legten in unseren im Banne der modernen Betriebsformen stehenden Wirtschaftswäldern die in den gleichalterigen geschlossenen Beständen unserer Hauptholzarten sich ausbildenden ungünstigen Humusverhältnisse dem Wirtschafter nahe, durch Mischung einem wenigstens partiellen Holzartenwechsel nachzugehen, um dem weiteren Fortschreiten des mancherorts bemerkbar

werdenden Bodenrückganges (durch Trockentorfbildung) vorzubeugen. Man muß H. Jentsch beistimmen, wenn er darauf hinweist[1]), daß die immer lauter erhobene Forderung gemischter Bestände ein Zugeständnis an das „Naturgesetz des Fruchtwechsels“ ist und daß in den gemischten Beständen ein modifizierter Fruchtwechsel erblickt werden kann. Nicht unbeachtet darf bleiben, daß Mischbestände nicht nur im Hinblick auf den physikalischen Zustand des Bodens wertvoll sind, sondern auch als geeignetes Mittel gegen einseitige Inanspruchnahme seines Nährstoffgehaltes angesehen werden müssen. In teilweisem Zusammenhang mit dem Streben, der Notwendigkeit eines totalen Holzartenwechsels, einer vollständigen Umwandlung vorzubeugen, steht ferner die Frage, ob nicht auch im Walde, in analoger Weise wie im Landwirtschaftsbetriebe, mit künstlicher Düngung nachgeholfen werden sollte. Tatsächlich ist man dieser Frage in neuester Zeit näher getreten, indem man die Düngung nicht mehr auf die Saat- und Pflanzbeete der Forstgärten beschränkte, sondern sie auch, wenigstens versuchsweise, auf Kulturflächen des freien Waldes, in Gerten- und Stangenhölzern angewendet hat. Nur planmäßig eingeleitete Versuche größeren Umfanges und unter verschiedenartigen Verhältnissen können uns die notwendigen Aufschlüsse gewähren (vgl. vierter Abschnitt, Bodenpflege).

§ 14. Ihrer wenn auch nur äußerlichen Verwandtschaft mit der Frage des Holzartenwechsels wegen mögen hier die beachtenswertesten Erfahrungen folgen, die mit der

Einführung ausländischer Holzarten

in deutsche bezw. mitteleuropäische Waldgebiete gemacht worden sind.

Die seit 1870 wieder aufgegriffene Frage nach dem Werte fremder, namentlich nordamerikanischer Holzarten für unsere heimische Forstwirtschaft hat bereits in den letzten Jahrzehnten des 18. Jahrhunderts die forstlichen Gemüter lebhaft bewegt und würde ihrer Lösung weit näher gebracht sein, wenn sie seinerzeit von den Vertretern der sog. forstlichen Ausländerei (v. Münchhausen, v. Veltheim, du Roi, v. Burgsdorf, v. Wangenheim) auf eine so sichere Basis gestellt worden wäre, wie es in der Neuzeit seitens der forstlichen Versuchsanstalten geschehen ist. Da das nicht der Fall war und da das ehedem treibende Motiv der Anbauversuche, die drohende Holznot, seine Wirksamkeit bald verlor, schlief die Bewegung zugunsten der fremden Holzarten unter dem Drucke der damaligen politischen Verhältnisse um so schneller wieder ein, als sich Männer wie Georg Ludw. Hartig und Pfeil angesichts der vielen Mißerfolge der Einführungsversuche berechtigt sahen, die Exotenfrage als Schwärmerei und Torheit hinzustellen. Infolgedessen sind es nur wenige Holzarten, vor allem die Weymouthskiefer, die ihr Heimatsrecht im deutschen Walde aus der Zeit der ersten Anbaubewegung datieren. Wohl aber ragen in Gärten und Parks stehende stark- und hochstämmige Exemplare einer Reihe anderer nordamerikanischer Laub- und Nadelhölzer, meist Platanen, Tulpenbäume, Eichen, Walnüsse usw. aus dem 18. Jahrhundert in die Gegenwart hinein und künden als lebende Zeugen, daß der guten Entwicklung dieser Holzarten in unserem Klima Hindernisse nicht entgegenstehen.

Die neuzeitliche Steigerung des Nutzholzbedarfes und die mit ihr in Verbindung stehende Tatsache, daß eine Anzahl fremder Holzarten, die unseren heimischen Nutzhölzern auf dem Markte bedenkliche Konkurrenz machen[2]), Klimaten entstammen, welche den unsrigen gleich oder ähnlich sind, regten die Exotenfrage von neuem an.

1) Fruchtwechsel in der Forstwirtschaft, Berlin 1911, S. 87.

2) Vergl. hierzu Unwin, Die forst- und volkswirtschaftl. Bedeutung der Anbauversuche mit nordamerikanischen Holzarten für Deutschland und Nordamerika. Zbl. f. d. ges. Forstw. 903, S. 8, 56, 153, 207.

Die Propaganda für Wiederaufnahme der Anbauversuche setzte mit dem kaufmännisch ganz plausiblen Hinweis ein, daß wir einen großen Teil des jetzt dem Auslande mit teurem Gelde bezahlten Holzes doch viel bequemer im eigenen Lande erzeugen könnten. Der Gedanke ist sicherlich nicht zu verwerfen; es wird ja, schon wegen des beschränkten Areales, das den fremden Holzarten im deutschen Walde nur zugewiesen werden kann, an ein vollständiges Hintanhalten des Importes fremden Holzes nie gedacht werden können. Jedenfalls aber gehörte es zu den waldbaulichen Aufgaben des forstlichen Versuchswesens, die Bedingungen festzustellen, unter welchen ein derartiges Unternehmen erfolgversprechend sein möchte. Der Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten hat sich diese Frage auch angenommen und seit etwa 30 Jahren mehr oder weniger umfangreiche Anbauversuche mit ausländischen Holzarten eingeleitet [1]). Ein ganz hervorragendes Verdienst um die Anbahnung dieser Versuche und um die Wiederbelebung des Einführungsgedankens hat sich der begeisterte Vorkämpfer desselben, John Booth, teils durch seine unverdrossene literarische Tätigkeit [2]), teils dadurch erworben, daß er den Fürsten Bismarck für seine Ideen zu interessieren und dessen mächtige Befürwortung zu gewinnen verstand.

Bei der Beurteilung einer ausländischen Holzart hinsichtlich ihrer Einführungsmöglichkeit sind Anbaufähigkeit und Anbauwürdigkeit zu unterscheiden. Erste Voraussetzung für die Einführung ist, daß die betreffende Holzart unser Klima verträgt, d. h. aus klimagleichen Verhältnissen stammt. Entscheidend sind dabei sowohl die mittleren Jahrestemperaturen bei uns und in ihrem Heimatlande als namentlich auch die niedrigsten Wintertemperaturen, auf welche wir zeitweise rechnen müssen, sowie die Temperatur in der eigentlichen Vegetationsperiode, fernerhin auch insbesondere die Feuchtigkeitsverhältnisse (Seenähe, Luftfeuchtigkeit, Niederschlagsmengen usw.). Gedeihen die fremden Gehölze im Walde oder außerhalb desselben, im Garten und Park, so ist ihre Anbaufähigkeit unzweifelhaft bewiesen, nicht aber ihre Anbauwürdigkeit im forstlichen Sinne. Um diese zu bejahen, muß die in Frage kommende fremde Holzart auf einem bestimmten Standort im Vergleich zu der für denselben passenden heimischen Holzart mehr oder doch mindestens dasselbe leisten. Dekorative Werte und Befriedigung unseres Schönheitsgefühles sind es nicht, die im Walde über Anbauwürdigkeit entscheiden. Hier gilt im allgemeinen als anbauwert nur das, was materielle oder waldbauliche Vorteile bietet. Diejenige Holzart ist anbauwürdig, die die heimischen Arten in der Holzmassenerzeugung in quanti- oder qualitativer Hinsicht übertrifft, die also in gleicher Zeit mehr und möglichst auch besseres, durch wertvolle technische Eigenschaften bezw. durch gute Formausbildung ausgezeichnetes Holz erzeugt. In bezug auf diesen Punkt ist eine Bemerkung von Prof. Mayr-München beachtenswert. Mayr [3]) weist darauf hin, daß alle Arten ein und derselben Baumgattung ein in seinem anatomischen Aufbau und damit auch in vielen physiologischen und technischen Eigenschaften gleiches Holz erzeugen, gleichgültig, wo diese Arten wachsen, und daß deshalb durch Einführung von Holzarten, deren Gattung in unserem Walde schon vertreten ist, d. h. durch Einführung fremder Fichten, Tannen, Lärchen usf. ein an Güte

1) Arbeitsplan für Anbauversuche mit ausländischen Holzarten, sowie Arbeitsplan für Untersuchung des forstlichen Verhaltens ausländischer Holzarten, vergl. Ganghofer, Das forstl. Versuchswesen. II. Bd, S. 169 und 191.

2) Vergl. John Booth, Die Douglas-Fichte. Berlin 1877. — Ders., Die Naturalisation ausländischer Waldbäume in Deutschland. Berlin 1882. — Ders., Die nordamerikanischen Holzarten und ihre Gegner. Berlin 1896. — Ders., Die Einführung ausländischer Holzarten in die Preußischen Staatsforsten unter Bismarck und Anderes. Berlin 1903.

3) H. Mayr, Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa. Berlin 1906. S. 219.

besseres Holz als das der heimischen Art nicht erzeugt werden kann. Für die Kiefern gilt dieser Satz nach Mayr mit der Einschränkung, daß des Holzes wegen nur jene Arten bei uns in erster Linie anbauwürdig sind, deren Sektion im heimischen Walde noch nicht vertreten ist, d. h. also die nicht zur Sektion Pinaster gehörigen Arten. Soweit lediglich die Erzeugung hochwertigeren Holzes in Frage kommt, empfiehlt es sich am meisten, solche Holzarten einzuführen, deren Gattungen (wie z. B. Douglasie, Chamaecyparis, Thuja, Carya etc.) überhaupt noch nicht im deutschen Walde vertreten sind.

Sind Massen- oder Wertssteigerungen des Nutzungsergebnisses nicht zu erwarten, so muß die fremde Holzart waldbauliche Vorteile gewährleisten, wenn sie Anspruch auf die Bezeichnung „anbauwürdig" erheben will. Sie muß entweder in der Genügsamkeit hinsichtlich der Bodenansprüche unsere in dieser Richtung bescheidensten einheimischen Holzarten übertreffen, muß also selbst auf den geringsten Böden noch fortkommen und Erfolge in Aussicht stellen, oder aber, sie muß über Eigenschaften verfügen, die ihr im Kampf mit elementaren Gefahren (Frost, Trockenheit, Schnee, Wind) eine größere Widerstandsfähigkeit sichern. Im einzelnen Falle mag dieser oder jener ausländischen Holzart, z. B. Nadelhölzern mit stechenden Nadeln, auch größere Widerstandsfähigkeit gegen tierische Gefahren (Wildverbiß) als Vorzug angerechnet werden.

Die bisherigen Erfolge der Anbauversuche, die von den forstlichen Versuchsanstalten der verschiedenen deutschen Bundesstaaten, am umfangreichsten von Preußen[1]) (1910 auf 417 ha), ferner in Oesterreich und von zahlreichen Privatwaldbesitzern mit hauptsächlich nordamerikanischen und einigen japanischen Holzarten seit rund 3 Jahrzehnten angestellt wurden, sind nicht einheitlich. Neben Mißerfolgen aller Art, die zur Streichung mancher zunächst als anbauwürdig angesehenen Holzart aus der Liste der brauchbaren Fremdländer, vielfach auch zur abfälligen Beurteilung und Verwerfung der ganzen Exotenfrage führten, haben die Anbauversuche auch recht erfreuliche Ergebnisse gezeitigt. Mehrere der eingeführten Holzarten haben sich den einheimischen Arten in bezug auf Massen- oder Wertsleistung überlegen und damit zur Verwendung im forstlichen Großbetrieb geeignet gezeigt, anderen wieder kommt unter besonderen Verhältnissen eine derartige waldbauliche Bedeutung zu, daß sie zum mindesten eine wertvolle Bereicherung der Gehölzflora Deutschlands darstellen.

Es ist selbstverständlich, daß sorgfältiges Studium des Verhaltens der Exoten in ihren Heimatländern und volle Berücksichtigung der Standortsansprüche den Anbauversuchen als Grundlage dienen muß, damit nicht, wie es oft genug geschehen ist, Kulturarbeiten mit fremdländischen Holzarten unternommen werden, die schon in ihrer ersten Einleitung als verfehlt erscheinen. Es seien hier u. a. nur die in verschiedenen Schriften niedergelegten wertvollen Forschungsergebnisse des Prof. Dr. Mayr[2])-München erwähnt.

---

1) Vergl. hierzu die Veröffentlichung von Danckelmann, Anbauversuche mit ausländischen Holzarten in den preußischen Staatsforsten. Ztschr. f. Forst- u. Jagdw. 1884, S. 289, 345 und die den gleichen Gegenstand behandelnden Arbeiten Schwappachs: ebendas. 1891, S. 18; 1896, S. 327; 1901, S. 137; 1909, S. 27; 1911, S. 591. — Auch aus Württemberg (Allg. F.- u. J.-Ztg. 1897, S. 14 u. 83), Bayern (forstl.-naturw. Ztschr. 1892), Baden (Wimmer, Anbauversuche usw. Berlin 1909) und aus Oesterreich (Cieslar, Ueber Anbauversuche etc. Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 1901) liegen Nachrichten über die bisher erzielten Resultate vor.

2) H. Mayr, Die Waldungen von Nordamerika, ihre Holzarten usw. München 1890. — Ders., Aus den Waldungen Japans. München 1891. — Ders., Monographie der Abietineen des japanischen Reiches. Tokio 1890. — Ders., Fremdländische Wald- und Parkbäume für Europa. Berlin 1906.

Aus der ziemlich langen Reihe von Holzarten, die nach den bisher gesammelten Erfahrungen in mehr oder minder hohem Maße anbauwürdig sind, seien nur die wichtigsten hervorgehoben.

A. Nadelhölzer. 1 Douglasie (Pseudotsuga Douglasii Carr.). In der grünen (Küsten-)Form auf frischem Sand und mildem Lehmboden eine ganz hervorragende, die Fichte weit zurücklassende Massenerzeugerin (am Südharz laufend-jähriger Durchschnittszuwachs eines 28jähr. Bestandes 27,2 Fm.!). Hin und wieder, namentlich in Saat- und Pflanzenschulen, Frostschaden. Zu engen Verband beim Auspflanzen vermeiden; frühzeitige und kräftigere Durchforstungen erwünscht. Die blaue (Gebirgs-)Form (Ps. glauca Mayr.) zwar frosthärter, aber wegen Langsamwüchsigkeit weniger brauchbar. Die grüne Form ist die wertvollste aller anbauwürdigen Exoten, eignet sich zum Reinanbau und in Mischung (Buche).

2. Sitkafichte (Picea sitchensis Trautv. et Meyer). Raschwüchsig, auf zusagenden feuchten, moorigen Standorten die heimische Fichte in der Massenerzeugung ganz wesentlich übertreffend (lf.-jähriger Zuwachs eines 25 jähr. Bestandes auf einer pommerschen Versuchsfläche (nach Schwappach) 26,5 Fm.). Ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Seewinde wegen im Küstengebiet brauchbarer als die einheimische Fichte; im trockeneren Binnenlande durch Spätfröste leidend, buschig werdend und nur dort der heimischen Art überlegen, wo es dieser zu feucht ist. Geringerer Verbißschaden infolge ihrer steifen, scharf stechenden Nadeln, hingegen aber gern gefegt.

3. Amerikanische Silbertanne (Abies concolor Gord.). Einzige Tannenart, die auf günstigem frischen Lehmboden der heimischen Art durch Raschwüchsigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen extreme Temperaturgrade überlegen ist; lichtbedürftiger als Ab. pectinata.

4. Weymouthskiefer (Pinus Strobus L.). Ihre waldbaulich sehr brauchbaren Eigenschaften: Raschwüchsigkeit, Schattenerträgnis, Widerstandsfähigkeit gegen Frost, Sturm, Schnee, reicher Nadelabfall) haben ihr seit langem schon volles Bürgerrecht in den heimischen Waldungen erworben. Gedeiht nachhaltig aber nur auf tiefgründigen, lehmigen, humosen und namentlich hinreichend frischen Böden, sonst nur in der Jugend befriedigend und bald (im Alter von 25—40 Jahren) versagend. Hallimasch und Blasenrost örtlich sehr gefährlich.

5. Bankskiefer (Pinus Banksiana Lamb.). Anspruchslose, in der Jugend sehr raschwüchsige Voranbauholzart für ärmste Böden (Flugsand, Dünen, Sumpf- und Moorpartien), gutes Füllholz für lückige Kiefernkulturen. Keine Nutzholzerzeugerin.

6. Pechkiefer (Pinus rigida Mill.). Ebenfalls keine für Reinanbau taugliche Nutzholzerzeugerin, aber geeignetes Mischholz für Kiefernkulturen auf armen Böden.

7. Japanische Lärche (Larix leptolepis Murr.). Auf zusagendem (kräftigen) Boden der tieferen, höchstens mittleren Lagen in der Jugend raschwüchsiger als die heimische Art; außerdem widerstandsfähiger gegen Krebs und Motte, bisweilen aber schlechtschaftiger.

8. Lawsonszypresse (Chamaecyparis Lawsoniana Parl.). Vorzügliches Holz. Auf gutem Standort (frischer lehmiger Sand- oder sandiger Lehmboden) und bei hinreichender Luftfeuchtigkeit nach den ersten Jugendjahren ziemlich raschwüchsig; liebt Seitenschutz, daher für Kahlflächen ungeeignet, tauglich für Löcheranbau in Buche und Kiefer. In der Jugend nicht völlig frosthart, leidet in Frostlagen leicht unter Pilzangriffen (Hallimasch und Pestalozzia funerea).

9. Riesenlebensbaum (Thuya gigantea Nutt.). Standortsansprüche und waldbauliches Verhalten wie bei der vorigen Art; geeignet zum gruppenweisen Einbau in lückige Buchenverjüngungen.

B. Laubhölzer. 1. Roteiche (Quercus rubra L.). Raschwüchsiger und bezüglich der Bodenansprüche genügsamer als unsere deutschen Eichen; gute Schaftbildung; Holz infolge größerer Porosität dem der heimischen Eichen nicht ganz gleichwertig; gehört aber dank ihrer guten waldbaulichen Eigenschaften zu den wertvollsten aller eingeführten ausländischen Holzarten.

2. Weißesche (Fraxinus alba = americana L.). Waldbauliches Verhalten dem der heimischen Esche ähnlich; etwas später austreibend als diese, daher etwas weniger durch Spätfröste gefährdet; gegen Stau- und Ueberschwemmungswasser ebenfalls weniger empfindlich als die heimische Art.

3. Kanadische Pappel (Populus canadensis Moench.). Auf günstigem Standort infolge geradezu erstaunlicher Raschwüchsigkeit größte Holzerzeugerin unserer Breiten.

4. Spätblühende Traubenkirsche (Prunus serotina Ehrh.). Raschwüchsig, auf Buchenboden geradschaftig, auf armem und zu feuchtem Boden aber sperrig wachsend; brauchbar als Füllholz in Laubholzverjüngungen.

5. Schwarze Wallnuß (Juglans nigra L.). Nur für beste (Aue-)Böden in mildem Klima ohne Spätfröste geeignet, hier raschwüchsig, lichtbedürftig, Erzeugerin hochwertigen Holzes. Auspflanzung infolge starker Pfahlwurzelbildung schwierig, daher nur Saat mit vorgekeimten Nüssen.

6. Weiße Hickory (Carya alba Nutt.). Zunächst langsamwüchsig, später in freiem Stand sich gut entwickelnd; frischer, tiefgründiger Eichenboden beansprucht.

Die höheren Ansprüche, die vom größeren Teil der wertvollen ausländischen Laubhölze an Klima (Wärme) und Boden gestellt werden, bringen es mit sich, daß diesen nicht in dem Maße wie den exotischen Nadelhölzern im deutschen Walde die Bedingungen zu hoffnungsreicher Entwicklung geboten werden können und daß für die Erziehung gerade der dem Holzwert nach hervorragendsten Arten hauptsächlich nur der Süden und Westen unseres Vaterlandes in Betracht kommen. Da wir aber in einzelnen einheimischen Laubhölzern, wie Eiche und Esche, für bessere Böden Holzarten haben, die den fremden Laubhölzern in Qualität und Verwendbarkeit nicht nachstehen, so ist schließlich die Einführung fremder Laubhölzer nicht so brennend.

Ob die im vorstehenden angeführten fremdländischen Holzarten die ihrer forstlichen Verwendbarkeit nach den bisherigen Erfahrungen erteilte günstige Zensur in Zukunft durchhalten werden, wissen wir noch nicht. Wir urteilen zunächst noch zu sehr nach den in der Kinderstube der Exoten gesammelten Erfahrungen und sind dort, wo waldbauliche Fehler in der Behandlung der Exoten gemacht wurden, und dort, wo der Faktor Wild nicht oder in nicht genügendem Maße bei der Versuchsanordnung ausgeschaltet wurde, wohl oft zu voreilig absprechenden Urteilen gekommen. Auf der anderen Seite aber fehlt es unter Hinweis auf besonders günstige Einzelerfolge ebensowenig an übertrieben optimistischen Beurteilungen. Wie alle forstlichen Maßnahmen wird auch die Ausländerfrage von der Zeit gelöst. Die letzte Entscheidung über die Anbauwürdigkeit der einen besseren Boden beanspruchenden fremdländischen Holzarten wird jedenfalls unter der Voraussetzung, daß alle waldbaulichen Forderungen durch die eingeführte Holzart erfüllt werden, der Rentabilität zufallen.

IV. Wirtschaftliche Bedeutung der Holzarten[1]).

§ 15. Zur Erreichung der in der Einleitung kurz skizzierten Ziele des Waldbaues sind die einzelnen Holzarten in sehr verschiedenem Maße geeignet. Ihre wirtschaftliche Bedeutung beruht hauptsächlich auf der Massen- und Wertserzeugung, letztere bedingt durch die Verhältnisse des Holzmarktes, ferner auf der Arbeitsgelegenheit, welche eine Holzart bietet, auf ihrem Verhalten gegen den Boden, auf der Art der Betriebsführung, bezw. Wirtschaftseinrichtung, soweit diese durch die Holzart beeinflußt ist, auf der Art und dem Umfang gewisser an sie geknüpfter Nebennutzungen, auf ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Gefahren, sowie endlich auf ihrer Tauglichkeit, bestimmten besonderen Anforderungen (Schutzwald u. dergl.) zu genügen.

1. Massen- und Wertserzeugung: Für die auf der Massen- und Wertserzeugung beruhende Wertschätzung einer Holzart entscheidet in erster Linie deren Verbreitungsgebiet. Es gibt Holzarten, welche schon vermöge ihres ausgedehnten Vorkommens den Markt beherrschen und dadurch anderen, die nur in beschränktem Umfang an der Bestockung unserer Waldungen teilnehmen, an Bedeutung weit überlegen sind. Besonders wertvolle Eigenschaften und dementsprechend hoher Preis werden eben doch immer in Verbindung mit der Masse wirksam; das größte Produkt aus Masse mal durchschnittlicher Preis der Masseneinheit ist ausschlaggebend. Von den in Deutschland heimischen Holzarten sind Kiefer, Fichte, Buche die verbreitetsten. Oertlich (auf größeren oder kleineren Einzelgebieten) sind die Verhältnisse sehr verschieden. Hier und da tritt die Weißtanne, auch wohl die Eiche, stark in den Vordergrund [2]).

Ganz Deutschland hat (auf rund 14 Mill. ha Wald = fast 26% der Gesamtfläche) 67,5% Nadelholz und 32,5% Laubholz. Hieraus erhellt die größere Bedeu-

1) Zu vergleichen: Weber, „Die Aufgaben der Forstwirtschaft", s. Handbuch, insbes. „Die Forstwirtschaft vom privatwirtschaftlichen Gesichtspunkte aus betrachtet".

2) Cfr. u. a. die Erörterungen in Borggreves Holzzucht 2. Aufl. S. 63 ff. Im übrigen gibt die Statistik der einzelnen Länder die etwa gewünschte spezielle Auskunft.

tung des Nadelholzes für die deutsche Forstwirtschaft. Erwägt man weiterhin, daß fast 45 % der Gesamtwaldfläche der Kiefer und 23 % der Fichte und Tanne (Tanne gegen die Fichte erheblich zurücktretend) zufallen, während die sonstigen Nadelhölzer (Lärche, Arve etc.) nur mit verhältnismäßig kleinen Beträgen beteiligt sind, und bedenkt man ferner, daß vom Laubholz ca. 14 % dem Buchenhochwald, etwa 7 % der Eiche (Hochwald und Schälwald), 5 % dem Mittelwald gehören, so ergibt sich, daß — zunächst lediglich der großen Verbreitung und demgemäß Massenerzeugung wegen — Kiefer, Fichte, Buche im allgemeinen geradezu als führende, als Hauptholzarten, bezeichnet werden dürfen. Tanne und Eiche schließen sich ihnen an. Die übrigen Holzarten spielen in der Gesamtheit des deutschen Waldes eine mehr untergeordnete Rolle, obwohl natürlich örtlich, je nach den besonderen Standorts- und sonstigen Verhältnissen, bald die eine, bald die andere mehr in den Vordergrund tritt, ja die Führung übernimmt.

Besondere Erwähnung verdient an dieser Stelle die örtlich große Verbreitung der Schwarzkiefer, welche in Niederösterreich (bes. in den Kalkbergen des Wiener Waldes) auf etwa 80 000 ha bestandbildend auftritt und in diesem Kronland rund $^1/_8$ des Gesamtwaldes ausmacht.

Die Massenerzeugung ist absolut, die Wertsbildung stets relativ zu bemessen, d. h. letztere ist abhängig nicht nur von der tatsächlichen Brauchbarkeit einer Holzart für einen gegebenen Verwendungszweck, sondern auch vom Marktpreis, welcher wesentlich durch das Verhältnis von Angebot und Nachfrage bedingt ist. Alle Preisbestimmungsgründe kommen dabei in Betracht, insbesondere wird die Konkurrenz der Surrogate (Kohle, Torf etc. für Brennholz, Eisen, Steine für Bauholz) wirksam [1]). Bekanntlich haben sich die Bedingungen des Holzmarktes in den letzten Jahrzehnten bedeutend verändert: Nutzholzwirtschaft im Gegensatz zur Brennholzerzeugung ist die Losung der waldbaulichen Produktion [2]), was gleichbedeutend ist mit der relativ hohen Wertschätzung und dementsprechend immer weiter schreitenden Ausdehnung des Gebietes der ausgesprochenen Nutzholzarten im Vergleich namentlich zur Buche, welche als spezifische Brennholzart mehr und mehr an Terrain verliert und im raschen Verlauf des Umwandlungsprozesses wohl noch viel weiter zurückgedrängt werden würde, wenn nicht ihre trefflichen waldbaulichen Eigenschaften, vorab in bezug auf die Bewahrung der Bodenkraft, die Einbuße, welche sie am Holzwert erlitten hat, wenigstens zum Teil zu paralysieren berufen wären. Eine Holzart, welche mit der größten Wahrscheinlichkeit dauernd ihren Wert auf dem Holzmarkte bewahren wird, weil ihre Nutzholzqualität unbezweifelt ist und bleiben wird, ist die Eiche. Auch Esche und die sonstigen edlen Laubhölzer, sowie die Lärche berechtigen, wenn auch wohl schon in etwas engeren Grenzen, zu dieser Hoffnung. Die gedeihliche Entwickelung dieser Holzarten ist aber meist an sehr bestimmt umgrenzte Bedingungen (namentlich bezüglich des Standorts) gebunden, so daß durch ihren erweiterten Anbau und intensive Pflege wohl örtlich (z. B. Esche und Ahorn in der schwäb. Alb) eine bemerkbare Veränderung, im allgemeinen jedoch kaum eine besonders weitgehende Umgestaltung der Physiognomie des Waldes herbeigeführt wird. Dagegen müssen einige Nadelhölzer, wie vorab Kiefer und Fichte, als Holzarten bezeichnet werden, welche vermöge ihrer verhältnismäßigen Anspruchslosigkeit und der Leichtigkeit ihres Anbaues im Verein mit einer sehr hohen Nutzfähigkeit allerdings so umfängliche Gebiete teils schon erobert haben, teils noch in Besitz nehmen können, daß der ganze Charakter ausgedehnter Waldgebiete dadurch verändert wird. Obwohl

1) Weber, Aufgaben der Forstwirtschaft, s. Handbuch I. Bd.
2) Zu vergl. Wagener in Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung von 1877, S. 7 ff.

auch die Tanne an manchen Orten eine Schmälerung ihres Gebietes zu verzeichnen hat, die übrigens durch erweiterten Anbau an anderen Orten ziemlich ausgeglichen werden dürfte, ist tatsächlich vorzugsweise der Besitzstand der Buche gefährdet. Sie ist jetzt schon auf weiten Gebieten durch die genannten Nadelhölzer ersetzt worden und wird, wo die augenblicklichen Preisverhältnisse für die Beurteilung der Rentabilität in erster Linie maßgebend sind, unweigerlich auch einen noch weitern Rückgang erfahren. Doch ist es gewiß sehr am Platze, wenn sich gewichtige Stimmen[1]) warnend erheben, um ein zu allgemeines Verdrängen der Buche zu verhüten. Niemand bezweifelt die höhere Nutzfähigkeit der Nadelhölzer; sollten letztere auch schließlich (etwa wegen fehlender Absatzgelegenheit zumal für schwächere Sortimente) zum Teil ins Brennholz geschnitten werden müssen, so würde ihre in einer gegebenen Zeit pro Flächeneinheit erzeugte größere Masse wohl immer noch das ersetzen, was die Buche an Brennwert pro Masseneinheit vor ihnen voraus hat. Selbst wenn man berücksichtigt, daß die Nadelhölzer von viel größeren und mannigfaltigeren Gefahren bedroht sind als die Buche und deshalb nicht die gleiche Sicherheit der Ertragsleistung zu bieten vermögen wie diese, muß ihre Ueberlegenheit im großen und ganzen zugegeben werden. Immerhin sollte man keinesfalls in zu weitem Maße ausgedehnte reine Nadelholzwaldungen schaffen. Ist die Buche auch im reinen Bestand nicht mehr allgemein existenzberechtigt, so sollte man sich doch möglichen Veränderungen der wirtschaftlichen Lage (eventuell gänzlich veränderten Absatz- und Transportbedingungen etc.) gegenüber den Rückweg offen halten, indem man der Buche wenigstens die gebührende Stelle im gemischten Walde gönnt. Sie wird durch ihre schon mehrfach erwähnte überaus günstige Einwirkung auf den Boden diese Rücksichtnahme stets reichlich lohnen. Außerdem ist auch eine gelegentlich gesteigerte Nutzholzverwendung für die Buche keineswegs ausgeschlossen. Angesichts der Verwendungsfähigkeit und Dauer der imprägnierten Buchenschwelle, weiterhin angesichts der steigenden Verwertung der Buche zu Holzpflaster und zur Bedielung der Wohnräume ist eine solche Hoffnung nicht unberechtigt. Dem Buchenholz wohnt in der Tat ein höherer Gebrauchswert inne, als das zur Zeit noch vorhandene Vorurteil gegen seine Verwendung als Nutzholz ihm zugesteht. Das kann sich aber ändern. Gerade die mangelnde Sicherheit bezüglich der Vorausbestimmung der zukünftigen wirtschaftlichen Verhältnisse in ihrer Gesamtheit kann uns mahnen, gemischte Bestände überhaupt und insbes. auch solche, in denen die Buche vertreten ist, zu begünstigen[2]). Von der Buche, der schon oben genannten Eiche, die ihres besonderen Wertes wegen ohnehin anders zu beurteilen ist, und von den sonstigen sog. edlen Laubhölzern abgesehen, bedürfen die übrigen Laubhölzer, weil sie meist ihre ganz spezifische Nutzbarkeit besitzen (z. B. Birke für Geschirrhölzer, Erle zu Zigarrenkisten, Aspe für die Zündholzfabrikation) und für den großen Betrieb kaum irgendwo oder wenigstens nur auf ganz beschränkten Standörtlichkeiten einmal als

1) Z. B. Gayer in seiner mehr zitierten Schrift: „Der gemischte Wald".

2) Einen besonders prägnanten Ausdruck hat die Beurteilung des Werts der Rotbuche in den Verhandlungen der Versammlung deutscher Forstmänner zu Stuttgart (1897) und in den daran sich anschließenden literarischen Debatten gefunden. Während von den einen die Buche im Hinblick auf ihre mangelhafte Rentabilität in reinen Beständen geradezu als verlorene Holzart bezeichnet wurde, haben andere dieselbe mehr oder minder energisch in Schutz genommen. Aus der umfänglichen, zur „Buchenfrage" erwachsenen Literatur seien u. a. erwähnt die Aufsätze von Endres (Allg. Forst- u. J.-Z. 1898, S. 91), Heiß (ebendas. 1898, 256), Dr. Heck (ebendas. 1898, 257), N (A. F.- u. J.-Z. 1898, 383), B in Prakt. Forstwirt für die Schweiz (1898, 49), Trebeljahr (Mündener forstl. Hefte 1898, 14. Heft), Kutsch, Die Stellung des Buchenhochwaldes im deutschen Nationalvermögen, Gießen 1898. — Vgl. auch Hufnagl, Die Buchenfrage in der österr. Forstwirtschaft, Wien 1900.

mitherrschende oder gar herrschende Holzarten, sondern meist nur in untergeordnetem Maße in Frage kommen, der besonderen Fürbitte weit weniger. 2. Arbeitsgelegenheit: Hierüber enthält Handbuch I (vgl. Weber, Aufgaben der Forstwirtschaft) die nötigen Angaben. Der Waldbau läßt sich bei Bemessung seiner Maßnahmen in der Regel zwar nicht von der Erwägung leiten, ob eine Holz- oder Betriebsart mehr oder weniger umfängliche Arbeitsgelegenheit bietet, trotzdem läßt sich dieses Moment doch auch wieder nicht von den übrigen wirtschaftlichen Beziehungen, von den Rücksichten, welche der Gesamtbetrieb zu nehmen hat, einseitig loslösen. Auch der Waldbau sollte vor seinen Entscheidungen über den engen Kreis seiner eigensten Interessen hinaus Umschau halten, um einerseits für seine Arbeiten stets genügende Kräfte verfügbar zu haben und andererseits auch wieder vorhandenen Kräften die erwünschte Betätigung zu gestatten und sie dadurch dem Walde zu erhalten. Dabei kommen in erster Linie die mit der Begründung, Erziehung, Ernte eines Holzbestandes verknüpften Arbeiten in Betracht; daneben aber auch solche, welche durch die Gewinnung gewisser Nebennutzungen (Waldfeldbau, Hackwald, Harznutzung usw.) bedingt sind, sowie diejenigen, welche sich schließlich nach der vollzogenen Ernte an das Rohprodukt anlehnen, bezw. sich mit dessen Verwendung befassen. Daß die Holz- und Betriebsarten in diesen Beziehungen sehr verschieden zu werten sind, erhellt aus den späteren Abschnitten. 3. Verhalten der Holzarten gegen den Standort: Die Erörterungen auf S. 15 geben über die einschlägigen Beziehungen Aufschluß. Es sei an dieser Stelle nur wiederholt hervorgehoben, daß bei aller waldbaulichen Tätigkeit die Bodenpflege auch um deswillen vorangestellt werden muß, weil wir im allgemeinen kein Recht haben, etwa zugunsten der Gegenwart wirtschaftliche Maßregeln zu ergreifen, infolge deren wir der Zukunft in Gestalt eines geschwächten Bodens einen minder leistungsfähigen Kapitalteil hinterlassen, als wir ihn von der Vergangenheit überkommen haben. 4. Wirtschaftseinrichtung: Von der absoluten Ertragsziffer (Etat) abgesehen, bei deren Bemessung natürlich auch die größere oder geringere Sicherheit der Ertragsleistung mit berücksichtigt wird, sind es hauptsächlich zwei Fragen, welche den Zusammenhang der Holzart mit der Forsteinrichtung andeuten, nämlich: 1. für welche Betriebsart (Hochwald, Niederwald, Mittelwald) eignen sich die verschiedenen Holzarten, bezw. wie werden sie verjüngt? und 2. werden sie in reinen oder in gemischten Beständen erzogen? Daß der Femelwald und alle ihm sich nähernden Betriebsformen im Gegensatz zu schlagweiser Behandlung, und daß ebenso gemischte Bestände im Gegensatz zu reinen[1]) die Forsteinrichtung erschweren, steht außer allem Zweifel; der Nachweis dafür ist übrigens an anderer Stelle zu führen. Es wird auch nicht zu beanstanden sein, daß dieser Umstand bei der Würdigung der einzelnen Holzarten mit beachtet wird. Dagegen wäre es verkehrt, wenn bestimmte waldbauliche oder sonstige Vorzüge einer Betriebsform oder Holzartenmischung irgend einer starren Forsteinrichtungsregel zum Opfer gebracht würden, da natürlich die waldbaulich höchste Leistung des Forstes stets erste und wichtigste Forderung an die Wirtschaft sein muß. Ein passender Ausgleich zwischen den hier und da sich widerstreitenden Interessen wird in den meisten Fällen unschwer gefunden werden können. — 5. Nebennutzungen: An ganz bestimmte Holzarten sind direkt gebunden z. B. Lohrinde, Harz, Mast, Futterlaub u. a. m. Durch Vermittelung der Betriebsart hängen mit der Holzart zusammen z. B. Produkte des Waldfeldbaues, die landwirtschaftlichen Nutzungen im Hackwald, Gräserei in Pflanz-

1) Vergleiche auch 1. Abschn., III. B., S. 19 ff. dieser Abhandlung.

kulturen u. dgl. — 6. Widerstandsfähigkeit gegen Gefahren: Die schon mehrfach, erstmals bereits § 8, S. 13 unter 4, angedeuteten Beschädigungen können den wirtschaftlichen Wert einer sonst recht schätzbaren Holzart unter Umständen, bezw. für bestimmte Oertlichkeiten so herunterdrücken, daß man auf ihre Anzucht geradezu verzichten muß. So verbietet sich z. B. in wildreichen Forsten, wenn man nicht besondere Schutzmaßregeln (Eingattern) ergreifen will, zuweilen der Anbau der Esche, der Eiche, der Weißtanne vollständig, obwohl diese Holzarten ohne die Gefährdung durch Schälen oder Abäsen hohen Ertrag erwarten ließen. In ausgesprochenen Schneebruchlagen hat man möglichst mit der Kiefer fern zu bleiben; dem Sturm besonders exponierte Orte taugen nicht für die Fichte usw. Auch hier darf wieder daran erinnert werden, wie vielfache Gelegenheit, solche Gefahren abzuschwächen, durch geeignete Holzartenmischung gegeben ist. — 7. Besondere örtliche Anforderungen: Dahin gehört z. B. eine gewisse Anpassung an die Bewirtschaftungsweise umgebender Waldungen, sofern es sich um kleinere Enklaven handelt (z. B. ein sturmgefährdeter Fichtenbestand inmitten eines größeren Schälwaldgebietes); ferner die Rücksichtnahme auf Servituten, deren Befriedigung häufig eine bestimmte Holzart fordert; sodann eine Reihe spezieller wirtschaftlicher Aufgaben, wie die Anzucht von Faschinenhölzern, Böschungsbefestigungen usw.

Im allgemeinen kann die tatsächliche Verbreitung der Holzarten als Maßstab derjenigen wirtschaftlichen Bedeutung dienen, welche ihnen beigelegt wird, mit der Einschränkung natürlich, daß für die Wertschätzung seitens der Gegenwart nur die unter unsern Augen entstehenden Jungbestände beweiskräftig sind, während alle älteren Hölzer nur bezüglich der Anschauung jener Zeit, in welcher sie begründet sind, ein Urteil zulassen. Entscheidend für den Betrieb im großen ist, wie wir rekapitulierend nochmals hervorheben, immer nur die kleine Zahl von Holzarten, welche ausgedehnte Gebiete (eventuell auch in reinen Beständen) einnehmen, d. h. Kiefer, Fichte, Buche, Tanne. Alle übrigen Holzarten, selbst die Eiche, sind, so sehr sie auch, örtlich oder allgemein für bestimmte Verhältnisse, unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen, doch in ihren Existenzbedingungen jenen herrschenden Holzarten gegenüber meist äußerst beschränkt, so daß an eine den Umfang ihres jetzigen Gebietes weithin überschreitende Verbreitung derselben nie zu denken ist. Um so mehr sollte man ihnen da, wo ihre Anzucht ohne greifbare Benachteiligung anderer Interessen zulässig erscheint, einen Platz anweisen, um dem Walde die in den verschiedensten Beziehungen so schätzenswerte Mannigfaltigkeit zu erhalten, oder, wo sie verloren ist, wieder zu verschaffen.

Zweiter Abschnitt.

Die Betriebsarten.

§ 16. Vorbemerkungen: Ehe wir zum angewandten Teile des Waldbaues, d. h. zur Besprechung und Erörterung der bei Begründung und Erziehung der Bestände zu beachtenden Handgriffe und Maßnahmen übergehen, müssen wir uns Klarheit verschaffen über die bei unserer Wirtschaftsführung innegehaltene zeitliche Aneinanderreihung der von uns jeweils angewendeten waldbaulichen Operationen. Die Erreichung des vorgesteckten Wirtschaftszieles erfordert, daß wir

unsere Maßnahmen planmäßig gruppieren und zu einer bestimmten, regelmäßig wiederkehrenden Wechselfolge zeitlich verbinden. Wir nennen eine solche planmäßige Kombination bestimmter, zeitlich aufeinander folgender wirtschaftlicher Operationen Betriebsart oder Betriebsform und definieren diesen forstlichen Begriff kurzhin als Art und Weise der Verjüngung und Erziehung eines Bestandes oder Waldes.

Je nachdem sich die zur Verjüngung führenden Maßnahmen zeitlich oder wirtschaftlich voneinander unterscheiden und je nachdem die spätere Behandlung und Erziehung des durch die Verjüngung entstandenen Bestandes in dieser oder jener Weise geregelt und gehandhabt wird, entstehen verschiedene Betriebsarten, deren wenige, scharf voneinander getrennte Grundformen durch zahlreiche Zwischen- und Uebergangsformen verbunden werden. Als gleichbedeutend mit Betriebsart wird meist das Wort „Bestandesform" angewendet. Das ist nicht ganz zutreffend, denn die Bestandesform, d. i. das Bild, was ein Bestand als Folge der Bewirtschaftungsweise dem Beschauer darbietet, ist das Resultat der Betriebsart, nicht aber diese selbst.

Angesichts der großen Zahl möglicher Kombinationen (aus Holzart, Bestandesbegründung, bezw. Verjüngung, Bestandespflege, Erziehung usf. mit allen ihren Modifikationen) ist es begreiflich, daß sich im Walde, sofern auch die feineren Unterscheidungsmerkmale beachtet werden, tatsächlich viele mehr oder weniger voneinander abweichende Betriebsarten vorfinden. Sie alle sind durch menschlichen Eingriff, durch wirtschaftliche Kunst (bisweilen auch Künstelei) herausgebildet, während die Urwaldform überall das im großen ganzen gleiche, wenn auch durch Holzart, Standort usw. modifizierte Gepräge trägt. Zum Verständnis des Wesens der Betriebsarten aber ist es erforderlich, einzelne scharf ausgeprägte Formen als typische herauszugreifen und an ihnen gewissermaßen Schulbegriffe zu entwickeln, die dann als feststehend zu betrachten sind. Zwischen diese Grundformen lassen sich die übrigen in mannigfaltigster Reihe, oft mit kaum merklichen Uebergängen, einschalten.

Es ist als bedenklich zu bezeichnen, namentlich im Interesse der Anfänger im Studium, die erst in das vielgestaltige Gebiet des Waldbaues eingeführt werden sollen, daß einige Lehrbücher eine verhältnismäßig große Anzahl von Betriebsarten als selbständige Formen aufführen und beschreiben, während man einen Teil derselben recht wohl als Uebergangsformen bezeichnen und sich demgemäß auf eine kleine Anzahl von Grundformen beschränken kann. Das Verständnis wird durch jenes Vorgehen offenbar nicht gefördert. Vielmehr ist dadurch manche irrtümliche Auffassung entstanden, und manche umfängliche Diskussion wäre zu vermeiden gewesen, wenn man sich zunächst nur an wenige, wirklich wesentliche Unterscheidungsmerkmale gehalten, diese entsprechend scharf betont und dadurch erst aus der reichen Fülle waldbaulicher Formen einige große Hauptgruppen gebildet hätte. Deren weitere Zerlegung wäre einem vorgeschritteneren Stadium wirtschaftlicher und wissenschaftlicher Erkenntnis vorzubehalten gewesen. Manche Schriftsteller fürchten, wie es scheint, durch eine solche Beschränkung bei dem Lernenden die Meinung zu erwecken, als ob man es im Walde wirklich nur mit einer geringen Zahl bestimmt zu charakterisierender Formen zu tun habe. Man scheut die Schablone, die ja sicherlich wenn irgendwo so namentlich in waldbaulichen Dingen zu meiden ist. Und doch kommt man zunächst mit einer kleinen Reihe von Grundformen aus; weitergehende Scheidungen lassen sich jederzeit leicht anschließen.

Erstes Kapitel.

Uebersicht und allgemeine Würdigung der als Grundformen zu betrachtenden Betriebsarten[1]).

§ 17. I. Uebersicht der Grundformen.

Man unterscheidet:

A. Hochwaldformen oder Samenholzbetriebe.

Die Verjüngung erfolgt durch Samen; das Bestandesmaterial sind infolgedessen Kernwüchse, d. h. Bäume, die sich aus Samen entwickelt haben. Die Funktionsdauer des einzelnen Individuums ist mit dessen Abtrieb zu Ende [2]); jedes Individuum wird nur einmal Gegenstand der Nutzung (Durchforstung oder Haubarkeitsnutzung) [3]).

B. Ausschlagholzbetriebe.

Die Nutzung erstreckt sich nur auf oberirdische Teile des Individuums. Dessen Funktion ist mit der einmaligen Nutzung nicht zu Ende; an dem nicht genützten Teile entstehen vielmehr Ausschläge (Stock-, Wurzel- oder Schaftausschläge), durch welche die Neubegründung des Bestandes erfolgt.

C. Mittelwaldbetrieb.

Die Verjüngung erfolgt hier teils durch Samen, teils durch Ausschläge; der Mittelwald stellt eine Kompositionsform von A und B, von Samenholz- und Ausschlagholzbetrieb dar.

A. Die Hochwaldformen.

§ 18. Die Hochwaldbetriebsarten lassen sich nach der Zeit der Verjüngung unterscheiden in

I. Vorverjüngungsbetriebe, d. s. diejenigen Betriebsarten, bei denen die Verjüngung vor der gänzlichen Entfernung des Altholzbestandes erfolgt. Stehenbleibende Teile des Altholzes (Mutterbäume) dienen der Verjüngung, indem sie den zur Neubegründung des Bestandes nötigen Samen tragen und abwerfen. Im Falle des Ausbleibens von Samenjahren kann die Bestandsneubegründung auf künstlichem Wege, durch Saat oder Pflanzung (Unterbau) erfolgen.

II. Nachverjüngungsbetriebe, d. s. diejenigen Betriebsarten, bei denen die Verjüngung nach der gänzlichen Entfernung des Altholzbestandes erfolgt. Etwaige, zunächst stehenbleibende Reste des Altholzes (Ueberhälter) dienen nicht oder nur zufällig der Verjüngung.

§ 19. Die Vorverjüngungsbetriebe werden nach der Dauer der Verjüngung unterschieden:

1. Plenter- oder Femelbetrieb[4]). Die Verjüngung erstreckt sich

1) Martin (Forstl. Statik, 2. Bd. 1911, S. 1) unterscheidet nur 4 Betriebsarten: Niederwaldbetrieb, Mittelwaldbetrieb, Plenterbetrieb und regelmäßigen Hochwaldbetrieb und hält die weitere Ausdehnung des Begriffes Betriebsart auf andere Formen nicht für empfehlenswert, während Gayer (Waldbau, 4. Aufl. 1898, 3. Abschn.) 9 Betriebsarten unterscheidet; Kahlflächenform, Schirmschlagform, Saumschlagform, Femelschlagform, femelartige Hochwaldform, Femelform, Ueberhaltform, Unterbauform, Niederwaldformen, Mittelwaldformen.

2) Fortvegetieren im Boden verbleibender Stöcke während des folgenden Umtriebs bleibt insofern unbeachtet, als man bei der Begründung des neuen Bestandes die etwa erwachsenden Ausschläge nicht grundsätzlich einbezieht, wenn ihnen auch da und dort aus bestimmten Gründen (Holzartenmischung, Bodenschutz usw.) eine Stelle gegönnt wird.

3) Finden Aufastungen statt, so erfolgt der bezügliche Holzanfall nur im Interesse der Bestandeserziehung, die Wegnahme einzelner Organe geschieht hier nicht zum Zweck einer Reproduktion.

4) Plenter- oder Pländerbetrieb fälschlich abgeleitet von plantare, richtiger nach dem Beispiel C. Wagners Blenderbetrieb von „Blender" = beschattender Baum. Von den forstlichen

über die ganze Umtriebszeit und über die ganze Fläche unter Benützung aller eintretenden Samenjahre, sie hört nie auf. Infolgedessen sind im Plenterwalde alle Altersklassen in gruppen- oder horstweiser oder einzelständiger Anordnung vertreten. Inwieweit Repräsentanten jedes einzelnen Jahres vorhanden sind, hängt von der Wiederkehr der Samenjahre bezw. von wirtschaftlichen Eingriffen ab. Da Samenjahre nicht von Jahr zu Jahr, sondern meist nur in größeren Zeitzwischenräumen kommen, sind mehrjährige Altersdifferenzen zwischen den im Alter benachbarten Bestandsindividuen die Regel. Je jünger die einzelne Altersstufe ist, um so zahlreicher pflegt sie vertreten zu sein.

Bei 120jähr. Umtriebe, d. h. bei Annahme von 120 Jahren als demjenigen Alter, das von der ältesten Stammklasse normal erreicht werden soll, sind unter der Voraussetzung, daß alle fünf Jahre ein Samenjahr kommt, beispielsweise also 5-, 10-, 15-, 20- ...... 90-, 95-, 100-, 105-, 110-, 115- und 120jähr. Individuen vorhanden. Die Intervalle können größer oder kleiner sein; sie brauchen überdies nicht gleich groß zu sein; tatsächlich sind sie auch fast immer verschieden. Charakteristisch ist aber immer, daß Jungwüchse, mittelalte Stämme, Althölzer in dem nämlichen Bestande angetroffen werden. Dementsprechend ist das Kronendach da und dort unterbrochen, keinenfalls in annähernd gleicher Höhe über dem Boden nur eine Etage bildend. Bis alle Individuen des jetzt vorhandenen Bestandes genutzt sind, verfließt bei normalem Verlauf der Nutzung die ganze Umtriebszeit. Erst nach deren Verlauf ist, obwohl die Verjüngung fortwährend im Gang ist, ein in allen seinen Teilen neuer Bestand vorhanden.

Bei den übrigen Vorverjüngungsbetrieben wie auch bei den Nachverjüngungen erstreckt sich die Verjüngung immer nur auf die mit dem ältesten Holze bestockten Teile der Waldfläche und beansprucht dementsprechend nicht die ganze Umtriebszeit, sondern nur einen mehr oder weniger großen Teil derselben. Man bezeichnet die jeweilig zur Verjüngung bestimmte Fläche als Schlag und die weiter zu nennenden Betriebe als Schlagbetriebe. Sie unterscheiden sich nach der Dauer der Verjüngung. Je schneller die Verjüngung vor sich geht, je kürzer der hierfür vorgesehene Zeitraum (Verjüngungszeitraum) ist, um so gleichalteriger wird der neue Bestand, während umgekehrt lange Verjüngungszeiträume zu ungleichaltrigen Beständen führen, weil dann die Abkömmlinge einer Reihe aufeinanderfolgender Samenjahre im Bestande vereinigt werden.

2. Plenterschlag- oder Femelschlagbetrieb. Die Verjüngungsmaßregeln werden nicht gleichzeitig und nicht gleichmäßig auf der ganzen Fläche eingeleitet, sondern zunächst nur löcher- oder horstweise an bestimmten Stellen (Angriffspunkten)[1]) und greifen unter Benutzung mehrerer Samenjahre nach und nach auf die noch unberührten Teile des Bestandes über. Der Verjüngungszeitraum umfaßt eine je nach Holzart, Standort und speziellem Wirtschaftszweck (bezw. Waldbehandlung) bald längere, bald kürzere Reihe von Jahren. Wie schon aus dem allmählichen Fortschreiten der Verjüngung und aus der Zuhilfenahme einer Mehrzahl oft weit genug auseinander liegender Samenjahre hervorgeht, dauert es aber immer relativ lange, bis ein größerer Bestand auf diese Weise vollkommen verjüngt ist. Im Zusammenhang damit steht eine mehr oder minder ausgeprägte Ungleichaltrigkeit des aus der Verjüngung hervorgehenden Bestandes.

Wie viel Zeit die Verjüngung des ganzen Bestandes erfordert, ist für die Methode an sich ohne Belang, obwohl das entstehende Bestandesbild dadurch natürlich wesentlich beeinflußt wird. Man findet lange und kürzere Verjüngungszeiträume; über

Versuchsanstalten ist aber die Schreibweise „Plenterbetrieb" angenommen. — Femelbetrieb von „femella" bezw. von Ausfemeln, d. h. Entfernen der (vermeintlichen) Femellae beim Hanf übertragen.

1) Horst- und gruppenweise Verjüngung Gayers, vgl. dessen „Der gemischte Wald" S. 68 ff.

die halbe Umtriebszeit wird dabei wohl kaum hinausgegangen; also wird z. B. bei 120jährigem Umtrieb ein Tannenbestand in längstens 60 Jahren vollständig verjüngt. Der Bestand hat ein femelartiges Ansehen, besonders während der Verjüngungsdauer, insofern stets die der Länge des Verjüngungszeitraumes entsprechenden Altersstufen vorhanden sind. In einem mit 60 jährigem Verjüngungszeitraum begründeten Tannenbestande werden z. B. 30—90jährige Bäume, oder, so lange die Verjüngung im Gang ist, Altholzgruppen, sowie gleichzeitig wieder Jungwüchse angetroffen. Der Unterschied vom eigentlichen Femelwald springt in die Augen; es fehlen die Zwischenglieder der Altersreihe. Ist die Verjüngungsdauer = a Jahre, so ist bei der Umtriebszeit = u in jedem Stadium der Bestandesentwickelung ein Zeitraum von u—a Jahren nicht durch Stämme vertreten.

3. Schirmschlagbetrieb. Auch hier vollzieht sich die Verjüngung in einer längeren oder kürzeren Reihe von Jahren. Die Verjüngungsmaßnahmen aber erstrecken sich, um wenn möglich mit einem einzigen Samenjahr die ganze Betriebsfläche zu besamen, gleichmäßig über den ganzen Bestand. Das setzt voraus, daß das zu verjüngende Altholz durch seine ganze Erstreckung möglichst gleichartig ist, und hat zur Folge, daß der entstehende Jungbestand, wenn sonst die Besamung in der gewünschten Weise in kürzester Zeit — tunlichst eben durch ein Samenjahr — gelingt, ganz oder wenigstens annähernd gleichaltrig wird. Der Verjüngungszeitraum ist mithin bei diesem Betriebe im allgemeinen kürzer als beim Plenterschlagbetriebe. Mancherorts bezeichnet man den Schirmschlagbetrieb auch als Dunkelschlagwirtschaft.

Während beim Femelschlagbetrieb der Verjüngungszeitraum nicht allein von dem längere oder kürzere Zeit hindurch andauernden Belassen der Mutterbäume im Bestande, sondern namentlich auch von der im Belieben des Wirtschafters liegenden rascheren oder langsameren Ausbreitung des Verjüngungsprozesses über alle Bestandespartien abhängig ist, entscheidet für die Verjüngungsdauer beim Schirmschlagbetrieb nur das Tempo, in welchem man mit den Vorlichtungen und demnächst nach erfolgter Besamung mit Abräumung der Mutterbäume vorgeht, bezw. vorgehen muß. Wie viel Zeit hierfür nötig wird, ist wiederum für die Methode an sich gleichgültig.

4. Saumschlagbetrieb. Der zu verjüngende Bestand wird von einer Seite, der Angriffsfront (Osten, Nordosten, Norden, Nordwesten) aus auf schmalen Streifen = Säumen nach den Grundsätzen des Schirmschlag- oder Plenterschlagbetriebes behandelt. In dem Maße die natürliche Ansamung auf dem zuerst in Angriff genommenen Streifen gelungen ist, schreiten die auf Verjüngung gerichteten Maßnahmen auf einem weiteren Streifen nach dem Bestandesinnern vor, während auf dem ersten, bereits besamten Streifen die Bestandspflege für die dem Jungwuchs nötige allmähliche Lichtstellung Sorge trägt. Dieses stufen- oder schrittweise Vordringen der Verjüngung führt zu streifenförmigen, dem Alter nach ineinander übergehenden Kleinbeständen und hat, wenn sonst die Verjüngung eines Bestandes von einem Ende zum anderen nicht zu lange dauern soll, nur geringe Flächenausdehnung der zu verjüngenden Bestände und öftere Wiederkehr von Samenjahren zur Voraussetzung.

Je breiter die Verjüngungsstreifen werden, umsomehr geht der Saumschlagbetrieb in den reinen Schirmschlag- bezw. Plenterschlagbetrieb über. Die bisher zunächst von Ost oder Nordost versuchte Saumschlagverjüngung ist neuerdings in der von Prof. Wagner[1])-Tübingen lebhaft empfohlenen und unter dem Namen „Blendersaumschlag" eingeführten Form sehr populär geworden. Das Wesentliche und Neue des Wagner'schen Verfahrens ist die Verlegung der Angriffsfront auf die Nord- bezw. Nordwestseite des zu verjüngenden Bestandes.

1) Die räumliche Ordnung im Walde, 1907.

§ 20. Die Nachverjüngungsbetriebe werden nach der Art und Weise der Verjüngung unterschieden.

5. Kahlschlagbetrieb. Die Verjüngung erfolgt, nachdem der Bestand auf der Fläche kahl abgetrieben ist, durch Saat oder Pflanzung, also künstlich und meist gleichzeitig auf der ganzen Fläche. Es erwächst infolgedessen ein gleichaltriger gleichmäßiger Jungbestand.

Wenn tatsächlich manchmal zwei oder mehrere Jahre bis zur Neubegründung eines Bestandes vergehen, so tragen sekundäre Umstände, welche mit dem Wesen der Methode in keinem Zusammenhang stehen, wie z. B. Unmöglichkeit raschen Rodens, Insektengefahr (Rüsselkäfer) u. dergl. die Schuld. Ein einziger Hieb (Kahlabtrieb) räumt den Altholzbestand hinweg; danach kann sich die Begründung des neuen Bestandes unmittelbar anreihen. In kürzester Frist könnte sich also der Vorgang (Fällung, Abfuhr, Saat oder Pflanzung) im Verlaufe etwa eines halben Jahres abspielen, was wirtschaftlich immerhin als ein einjähriger Zeitraum (eine Zuwachsperiode) aufzufassen wäre.

6. Kahlschlag mit Randbesamung. Es handelt sich bei diesem Betriebe um schmale Kahlschläge (Saumschläge), deren Wiederverjüngung den Randbäumen des anstehenden Bestandes, also der Natur überlassen bleibt. Während die Naturverjüngung im allgemeinen Vorverjüngung ist, haben wir es hier mit einem und zwar dem einzigen Fall von natürlicher Nachverjüngung zu tun. Verlauf, Richtung und Breite der Saumschläge wechseln, sind aber für Gelingen und Ergiebigkeit der natürlichen Ansamungen von großer Bedeutung.

Soweit bei den unter 5 und 6 genannten Kahlschlägen Ueberhälter nicht stehen gelassen werden, finden sich beim Kahlschlagbetrieb Altholz und Jungwüchse niemals auf der nämlichen Fläche. Hierin unterscheidet sich der Kahlschlagbetrieb sehr scharf von den Vorverjüngungsbetrieben, bei denen stets während des Verjüngungszeitraumes Teile des alten und neuen Bestandes gleichzeitig vorhanden sind.

Alle übrigen noch vorkommenden Hochwaldformen sind nur als Modifikationen der vorstehend in ihren Hauptmerkmalen charakterisierten Grundformen zu betrachten. Es sind Uebergangsformen mit engerer oder minder enger Anlehnung an diese oder jene Grundform. Zum Teil werden hierbei durch sekundäre Maßnahmen z. B., durch Unterbau, Bestandsbilder geschaffen, die in ihrer Eigenartigkeit den Eindruck neuer selbständiger Formen erwecken.

So ist es z. B. nur eine Modifikation des Kahlschlagbetriebes, wenn ein vorübergehender Ueberhalt zur Beschirmung der nachfolgenden Kultur gegen Frost oder Sonnenhitze, vielleicht auch zur Zurückhaltung von Unkrautwuchs oder von Stockausschlägen belassen wird. Man nennt eine solche Schlagführung hin und wieder „Schutzschlag“ oder wohl auch „Schirmschlag“. Bei den Vorverjüngungsbetrieben kann man sich an Stelle der unter 1 bis 4 genannten vier Grundformen nur mit deren zwei: Femelbetrieb und Schirmschlagbetrieb begnügen. Streng genommen lassen sich in der Tat auch nur diese beiden Formen festhalten. Der Saumschlagbetrieb ist ja, wie oben erwähnt, nichts anderes als saumweiser Schirmschlagbetrieb, und der Femelschlagbetrieb zerfällt, sobald man den Horst oder die Gruppe als wirtschaftliche Einheit betrachtet — was grundsätzlich gewiß zulässig ist — in eine Anzahl von kleinen Schirmschlagbetrieben. Da wir jedoch gewohnt sind, — aus Zweckmäßigkeitsgründen und doch auch infolge einer gewissen Berechtigung im Sinne der Logik — die von der Waldeinteilung geschaffenen Wirtschaftsfiguren, wie Abteilungen und Unterabteilungen etc., auch in Absicht auf waldbauliche Behandlung als Ganze zu betrachten, so mag hier, wo nicht die Einzeloperation, sondern der Betrieb in Frage steht, jene Trennung durchgeführt und der Femelschlagbetrieb als Grundform der Samenverjüngung durch auf der Fläche stehende Mutterbäume behandelt werden. Bestimmend wirkt dabei besonders auch der Wunsch mit, es möchte tunlichste Einheitlichkeit der Definierung erreicht und damit das Verständnis gefördert werden. Gayer hat in seiner Schrift „Der gemischte Wald“ für das, was hier als „Femelschlagbetrieb“ charakterisiert ist, die Bezeichnung „horst- und gruppenweise Verjüngung“ gewählt, weil er sich vor der Verwechselung mit dem Femelschlagbetrieb Heyers (= unserem Schirmschlag-

betrieb) scheut. Es ist dies aber nicht als zwingender Grund anzusehen, die Bezeichnung Femelschlagbetrieb ganz zu meiden, da die Sache, um welche es sich handelt, doch so scharf gekennzeichnet ist, daß Mißverständnisse kaum zu erwarten sind.

B. Die Ausschlagholzbetriebe.

§ 21. Die hierher gehörigen Betriebsarten sind dadurch voneinander verschieden, daß die oberirdische Masse des Einzelindividuums in mehr oder weniger weitgehender Weise Gegenstand der Nutzung ist. Man unterscheidet:

1. Niederwald- oder Stockschlagbetrieb: Bei der Ernte wird die gesamte oberirdische Holzmasse genutzt, so daß nichts als der Stock mit den Wurzeln verbleibt. Stockausschläge und eventuell Wurzelbrut bilden den jungen Bestand. Ein im jährlichen Nachhaltbetrieb befindlicher Niederwald hat eine der Umtriebszeit entsprechende Anzahl von einzelnen Flächen bezw. Beständen in Altersabstufung von je 1 Jahr.

2. Kopfholzbetrieb: Ein Teil des Schaftes bleibt stehen; an seinem oberen Ende entwickeln sich Ausschläge, welche Gegenstand der folgenden Nutzung sind. Bei öfterer Wiederholung derartiger Nutzung bilden sich am Schaftende Wülste und kopfartige Verdickungen.

3. Schneitelholzbetrieb: Der ganze Schaft bleibt erhalten. Die Nutzung erstreckt sich nur auf die Aeste, an deren Abhiebsstellen Ausschläge hervortreiben; diese liefern dann die Holzmasse für den nächsten Hieb.

C. Der Mittelwaldbetrieb.

§ 22. Der Mittelwald ist eine Verbindung von Niederwald mit plenterartigem Hochwald. Auf derselben Fläche wird gleichzeitig ein im wesentlichen Brennholz lieferndes, aus ausschlagsfähigen Holzarten bestehendes sog. Unterholz und ein hochstämmig erwachsendes, der Nutzholzerzeugung dienendes Oberholz erzogen.

Beim jedesmaligen Abtriebe des im 10 bis 20 jährigen Umtriebe bewirtschafteten Unterholzes wird ein Teil der bestwüchsigsten Ausschläge stehen gelassen, ebenso werden die beim vorhergehenden Abtriebe zur Ausfüllung der Fehlstellen usw. durch Pflanzung eingebrachten Kernwüchse erhalten. Diese stehengelassenen Teile des bisherigen Unterholzes gehen nun in die Oberholzklasse über und führen zunächst den Namen Laßreiser oder Laßreitel. Beim nächsten Abtriebe des Unterholzes haben die Laßreiser das doppelte Alter des Unterholzumtriebes. Ein Teil von ihnen wird gleichzeitig mit dem Unterholz entnommen, der andere Teil bleibt stehen und bildet während des dritten Unterholzumtriebes die „Oberständer", deren bei den späteren Unterholzabtrieben übergehaltene Teile ab und zu als angehende, später als starke oder Hauptbäume bezeichnet werden. Die ältesten Oberhölzer werden beim Unterholzschlage = Mittelwaldschlage mit genützt.

Jedem Unterholzabtriebe entspricht somit eine Oberholzklasse. Das Umtriebsalter des Oberholzes ist ein Mehrfaches des Unterholzumtriebes, so daß im normalen Mittelwald der Altersunterschied der verschiedenen Oberholzklassen immer durch den Unterholzumtrieb oder durch ein Vielfaches desselben angegeben wird.

Ein im jährlichen Nachhaltsbetriebe stehender normaler Mittelwald hat, wenn der Unterholzumtrieb u, der Oberholzumtrieb U Jahre umfaßt, $\frac{U}{u} - 1 = n$ Oberholzklassen, da die Laßreiser, die nach Abtrieb des Unterholzes zum Oberholz übertreten, vor dem Abtrieb noch dem Unterholz angehören. Er bietet dann folgendes Bild:

Wir haben u Flächenteile, bezw. Schläge (im Normalwald gleichwertig in ihrer Ertragsleistung). Diese sind unmittelbar vor einem Hieb bestockt mit

a) 1-, 2-, 3- .... u jährigem Unterholz,
b) je mit den n Oberholzklassen, welche z. B. für den Schlag mit ujährigem Unterholz 2u-, 3u- ... nu-, (n + 1) u = Ujährige Stämme
und für den Schlag mit 1jährigem Unterholz
(u + 1)-, (2u + 1)-, ... (nu + 1) jährige Stämme enthalten.

Die Zahl der Stämme in den einzelnen Oberholzklassen bildet eine abnehmende Reihe, sofern sich die ursprünglich in beträchtlicher Menge übergehaltenen Laßreitel stetig vermindern. Denn sowohl die Entwickelung der einzelnen Oberholzstämme, als die Rücksicht auf kräftiges Erwachsen genügender Unterholzmengen fordert es, daß bei jedem Hieb des Unterholzes nicht nur gleichzeitig die ä l t e s t e Oberholzklasse genutzt, sondern auch in die übrigen Oberholzklassen eingegriffen wird, indem man nutzholztaugliche Stämme entfernt und einen zu dichten Stand des Oberholzes ermäßigt. In welchem Betrage dabei die Stammzahlen im einzelnen reduziert werden, ist von einer großen Reihe so sehr wechselnder Umstände (Holzart, Standort, Wirtschaftszweck, bezw. stärkere Betonung bald des Oberholzes, bald des Unterholzes usw.) abhängig, daß dafür auch nicht entfernt irgend welche allgemeine Norm aufgestellt werden kann. Ueberhaupt zeigt der Mittelwald, bedingt durch Art, Menge und Verteilung des Oberholzes, wohl die vielfältigst abgeänderten Formen. Nach dem verschiedenen Maße, in dem Ober- und Unterholz an der Zusammensetzung des Mittelwaldes teilnehmen, unterscheidet man hochwaldartigen, niederwaldartigen Mittelwald und solchen im gewöhnlichen Sinne. Je mehr das Oberholz überwiegt, umsomehr nimmt der Mittelwald naturgemäß hochwaldartigen Charakter an und umsomehr tritt die stammweise Verteilung der Oberholzklassen des niederwaldartigen und gewöhnlichen Mittelwaldes gegenüber einer mehr horst- und flächenweisen zurück.

II. Würdigung der Grundformen.

§ 23. Vorbemerkungen. Abgesehen von denjenigen Wäldern, in welchen Schutzwaldcharakter oder besondere vom Waldbesitzer verfolgte Zwecke (Wildpark) die der Wirtschaftsführung zu grunde zu legende Betriebsart vorschreiben, sind bei der Wahl der Betriebsart deren ökonomische und waldbauliche Leistungen ausschlaggebend. Es unterliegt keinem Zweifel, daß in unseren Wirtschaftswäldern die ökonomischen, im Nutzeffekt zum Ausdruck kommenden Leistungen im Laufe der Zeit einen überwiegenden Einfluß auf die Bevorzugung und Ausbreitung der in dieser Richtung vorteilhaftesten Betriebsarten gewonnen und die vom natürlichen Prinzip geforderten Rücksichten hin und wieder in einer zu weit gehenden Weise in den Hintergrund gedrängt haben. Der Einfluß, den die einzelnen Betriebsarten auf den Boden ausüben, ist für ihre Beurteilung zweifellos unbedingt maßgebend, weil die dauernde Erhaltung bezw. Steigerung des Produktionsfaktors ,,Bodenkraft" die wesentlichste Bedingung aller Nachhaltigkeit ist. Die von Gayer u. a., neuerdings von C. Wagner inaugurierte Bewegung zugunsten schärferer Betonung der waldbaulichen Leistungen der Betriebsarten verdient deshalb volle Beachtung. Andererseits ist aber auch in dieser Richtung eine einseitige, über die ökonomischen Werte hinwegsehende Wertschätzung zu vermeiden. Zum mindesten kann es angesichts der Verschiedenartigkeit der waldbaulichen und wirtschaftlichen Eigenschaften unserer Holzarten und angesichts der Verschiedenheit der Standortsverhältnisse nicht als richtig bezeichnet werden, in e i n e r Betriebsart ihrer waldbaulichen oder sonstigen Vorzüge wegen die für alle Holzarten und alle Produktionsgebiete gemeinsame, passendste und beste zu erblicken.

Jede vernünftige Wirtschaft wird diejenige Betriebsart wählen, die unter den gegebenen Umständen das günstigste Verhältnis zwischen Ertrag und Produktionskosten aufweist und zwar nachhaltig. Diese gebotene Rücksichtnahme auf die Nachhaltigkeit und auf Vermeidung von Augenblickserfolgen umschließt von selbst die Beachtung des waldbaulichen Wertes der zu wählenden Betriebsart. Maßgebend für die Bemessung der ökonomischen Effekte verschiedener Wirtschaftsverfahren ist die Bodenrente bezw. der Bodenertragswert, und dasjenige Wirtschaftsverfahren, das uns bei Wahrung der natürlichen, produktiven Forderungen das Maximum des Bodenertragswertes in Aussicht stellt, ist das günstigste.

A. Hochwald.

§ 24. Im Wesen des Hochwaldbetriebs, wenn auch nicht grundsätzlich dadurch bedingt, liegt es, daß er mit höherem Umtrieb behandelt wird [1]). Aus diesem Umstande hauptsächlich ergeben sich hinsichtlich der wirtschaftlichen Leistung die Unterschiede gegenüber dem Ausschlagswald und dem Mittelwald. Bei letzterem steht nur das Oberholz in höherem Umtrieb, während das Unterholz meist in kurzen Zwischenräumen (von 10—20 Jahren) abgetrieben wird; bei den Ausschlagswaldungen kommt überhaupt nur ein niederer Umtrieb (von 1jährigem bei Flechtweiden bis etwa 30jährigem bei Erlen) in Betracht.

Jene Unterschiede treten am klarsten zu Tage, wenn man zunächst die beiden extremen Formen: Hochwald und Niederwald vergleicht.

Folge des höheren Umtriebs ist beim Hochwald zunächst die seltenere Sorge für Neubegründung eines Bestandes auf der nämlichen Fläche. Dagegen muß aber derjenige Waldbesitzer, welcher nicht anders als in aussetzendem Betrieb wirtschaften kann, länger auf einen Abtriebsertrag warten und empfängt nur in Gestalt der Zwischen- und etwaigen Nebennutzungen mehr oder minder belangreiche Abschlagszahlungen. Soll ein jährlicher Betrieb durchgeführt werden, so bedarf es in den meisten Fällen — (beim Plenterbetrieb nicht) — einer relativ (im Verhältnis zur Umtriebszeit stehend) großen Fläche, damit der einzelne Jahres- oder Periodenschlag noch eine für die erfolgreiche wirtschaftliche Behandlung genügende Größe erhält. Unzertrennlich mit dem höheren Umtrieb verbunden ist für den Nachhaltbetrieb das größere Holzvorratskapital, mit welchem der Hochwald arbeitet, ein Umstand, welcher an sich, d. h. immer dann, wenn er nicht durch andere Momente paralysiert wird, eine geringere Verzinsung erwarten läßt. Wenn der Hochwaldbetrieb eine zu hohe Kapitalanhäufung aber vermeidet und durch bessere Ausnützung der das Produktionskapital nicht erhöhenden Naturkräfte (durch Bodenpflege, Ausnützung der Naturverjüngung, intensiven Durchforstungs- und Lichtungsbetrieb) auch auf Kürzung des Produktionszeitraumes bedacht ist, so ist er in bezug auf Rentabilität dem Niederwald immer und dem Mittelwald in den meisten Fällen überlegen. Weniger günstig stellt sich das Verhältnis des Hochwaldes zu Nieder- und Mittelwaldbetrieb in bezug auf Sicherheit vor Gefahren: ersterer ist durch Sturm, Schnee, Feuer, Insekten zweifellos mehr gefährdet als jene. Dieser Nachteil ist aber nur zum Teil auf die Verschiedenheit in der Umtriebshöhe zurückzuführen. In höherem Maße wird er von der Verschiedenheit der Holzart, namentlich von dem mehr oder weniger vollständigen Fehlen der Nadelhölzer im Nieder- und Mittelwaldbetrieb bedingt.

Auf der anderen Seite wiederum ist der Hochwald für alle Holzarten tauglich, liefert bei entsprechend hohem Umtriebe alle verschiedenen Sortimente, erzeugt Nutzholz in größter Menge und bester Qualität und ist somit diejenige Betriebsart, die den gesteigerten Bedürfnissen des Marktes nach Nutzholz weit mehr gerecht wird als Nieder- und Mittelwald, deren Nutzholzprozente nur ausnahmsweise über 5 bezw. 40 steigen. In seinem größeren Holzvorrate bietet der Hochwald ferner eine oft willkommene Gelegenheit zur Kapitalanlage und gewährleistet, wenn richtig geleitet, wegen der selteneren Wiederkehr der Abtriebsnutzung die vollständigere Erhaltung der Bodenkraft. Daß der Hochwald auch die absolut höchsten Massenerträge liefert, darf als sicher angenommen werden, wenn es auch an Zahlen nicht fehlt, die wenigstens dem Mittelwald die Ueberlegenheit in dieser Richtung zu sichern scheinen. Diese Zahlen, welche die höheren Massenerträge des Mittelwaldes dartun sollen,

1) Ausnahme z. B. die Anzucht von Weihnachtsbäumchen auf besonderen Flächen.

beruhen entweder darauf, daß ein Ertrag des Mittelwaldes zugrunde liegt, der über den normalen Durchschnitt hinausgeht, wie es bei Abnutzung ungewöhnlicher Aufspeicherungen von Oberholz leicht vorkommen kann, oder aber sie stützen sich auf unzulässige Vergleiche mit zu geringen Zuwachsleistungen oder zu geringen Standortsbonitäten des Hochwaldes. Abgesehen davon, daß im Nieder- und Mittelwalde viele Individuen im jüngeren Alter, in welchem der durchschnittliche Zuwachs noch weit unter seinem Kulminationspunkt steht, abgenutzt werden, weisen schon die natürlichen Faktoren, von denen die Zuwachsbildung abhängt, darauf hin, daß weder der Mittelwald und noch viel weniger der Niederwald den Hochwald in der nachhaltigen Holzmassenerzeugung zu übertreffen vermögen.

Bei den einzelnen Hochwaldformen machen sich die vorstehend angedeuteten Vor- und Nachteile in sehr verschiedenem Maße geltend.

1. Plenter- oder Femelbetrieb[1]):

Als Vorzüge müssen geltend gemacht werden: die Möglichkeit, höhere Abtriebsalter in nachhaltiger Wirtschaft mit jährlichen Erträgen auch auf kleiner Fläche einzuhalten; ferner die weitestgehende Sicherung der Bodenkraft (gegeben namentlich in entsprechender Bodenfrische), weil niemals Bodenstellen in größerem Umfang völlig bloßgelegt werden; sodann die Gewährung eines bedeutenden Lichtungszuwachses schon in einem verhältnismäßig frühen Stadium der Baumentwickelung. Dabei werden die Stämme, weil schon bald mehr freiständig erwachsend, widerstandsfähiger gegen Sturm und Schneebruch, wie denn alle einem ungleichmäßigen Kronendach nachgerühmten Vorteile im Femelwald in besonderem Maße angetroffen werden müssen. Für gefährdete Gebirgslagen, Schutzwaldungen etc. ist der Femelbetrieb die geeignetste, ja oft einzig zulässige Wirtschaftsform.

Dagegen beschränkt sich seine Anwendbarkeit auf nur wenige Holzarten, auf die eigentlichen Schattenhölzer Tanne, Buche, allenfalls Fichte; denn alle Jungwüchse müssen mehr oder minder im Druck heraufwachsen, also die Fähigkeit haben, sich mindestens in starkem Seitendruck längere Zeit entwickelungskräftig zu erhalten. Dem vorerwähnten starken Lichtungszuwachs steht mithin eine (je nach den Umständen verschiedene) Einbuße an Zuwachs in der Jugend gegenüber. Die Wirtschaftsführung hat diese Einbuße möglichst zu reduzieren, kann sie aber begreiflich niemals ganz vermeiden. — Die Fällung und Holzbringung ist erschwert — (geübte Holzhauer wissen übrigens diesen Nachteil auf ein geringeres Maß zu beschränken, als der Uneingeweihte meinen sollte!) —; die Bäume werden großenteils weniger astrein und weniger vollholzig als im geschlossenen Bestande, die tiefer angesetzten Kronen erhöhen zwar den Zuwachs, nehmen aber gleichzeitig den jüngeren Bestandesgliedern mehr Licht weg und vermehren das Reisholzprozent. Für die hin und wieder behauptete Ueberlegenheit des Plenterbetriebes über die schlagweisen Betriebe in bezug auf Massen- und Wertsleistungen fehlen noch hinreichende Beweise. Der einzelne zutreffende Fall bietet keine Gewähr für die allgemeine Richtigkeit dieser Behauptung. Die im Plenterwald vorliegenden Wachstumsbedingungen, die Schwierigkeiten der Ernte im allgemeinen und die der rechtzeitigen Nutzung des Einzelstammes machen eher die gegenteilige Annahme wahrscheinlich. Es kommt weiter hinzu, daß der ganze Betrieb, weil er mehr zersplittert ist und sich mit seinen Operationen über

1) Vergl. Fürst, „Plänterwald oder schlagweiser Hochwald". Berlin 1885. — Schuberg, Schlaglichter zur Streitfrage: „schlagweiser Hochwald- oder Femelbetrieb" (Forstw. Zentralbl. v. 1886, S. 129, 193). — Vonhausen, „Der schlagweise Hochwaldbetrieb und der Femelbetrieb" (Allg. F.- u. J.-Z. 1882, S. 289). — Düesberg, Der Wald als Erzieher, 1910. — Wernick, Plenterwald, eine Studie. Allg. F.- u. J.-Z. 1910, Juli—Okt.

einen größeren Teil des ganzen Waldes erstreckt, weniger übersichtlich ist und der sicheren Ertragsbestimmung, der Buchführung etc. größere Schwierigkeiten bietet.

So wenig aber in der geringeren Uebersichtlichkeit, sowie in der durch den Betrieb etwa geforderten größeren Intelligenz und Arbeitsleistung der Beamten bei der Schlagauszeichnung, Beaufsichtigung des Fällungsbetriebs usw., ein Hindernis für die Durchführung erblickt werden darf, so verfehlt wäre es, wollte man nicht in der größeren Einfachheit anderer Betriebsarten einen immerhin erwähnenswerten Vorzug derselben anerkennen. Es ist kaum anzunehmen, daß der Plenterbetrieb außerhalb der höheren Gebirgslagen, wo er gewiß die beste Betriebsart darstellt, zur ,,Bestandsform der Zukunft" [1]) werden oder in der von Düesberg [1]) empfohlenen Form in den Kiefernbeständen Norddeutschlands viel Feld erobern wird.

2. Plenter- oder Femelschlagbetrieb [2]).

Dem in Bayern, im Schwarzwald und in den Vogesen in den Buchen-Tannen-Fichten-Mischbeständen bevorzugten horst- und gruppenweisen Betriebe werden Erzielung horstweise gemischter Bestände, bessere Erhaltung der Bodenkraft, Sicherheit der natürlichen Verjüngung und erhöhtere Ausnützung des Lichtungszuwachses nachgerühmt. Es steht fest, daß durch die dem Plenterschlagbetrieb eigentümliche ungleichmäßige Hiebsführung und Schlagstellung und die dadurch bedingten Unterschiede im Grade und in der Dauer der Ueberschirmung sowohl das Entstehen wie namentlich auch die schnellere oder langsamere Entwicklung von Horsten und Gruppen der verschiedenen Holzarten reguliert werden kann. Soweit der Entwicklungsgang der in Mischung befindlichen Holzarten es verlangt, kann den einzelnen Horsten ein grundsätzlich verschiedenes Alter gewährt werden dergestalt, daß den langsamwüchsigeren Holzarten ein Vorsprung vor den rasch sich entwickelnden gegeben wird. Die Altersdifferenz der Horste wird der verschiedenen Wuchskraft der in Frage kommenden Holzart angepaßt. Auch in reinen Beständen hat die in den einzelnen Verjüngungshorsten von innen nach außen fortschreitende Verjüngung ein wellenförmiges Profil des entstehenden Bestandes zur Folge. Die Verjüngungshorste fallen von ihrer Mitte aus kegelförmig nach den Rändern zu ab und stoßen, wenn der ganze Bestand verjüngt und die letzten Mutterbäume geräumt sind, ohne Steilränder aneinander. Man bringt mit der so geschaffenen stufigen Form des Bestandes eine größere Widerstandsfähigkeit gegen Schneeschäden in Zusammenhang und schließt aus dem Vorhandensein einer im Vergleich zum gleichaltrigen Bestand größeren Kronenoberfläche und größeren Blattmenge auf lebhaftere Wuchsenergie und erhöhten Zuwachs. Ob und in welchem Betrage der Betrieb größere und namentlich wertvollere Massen erzeugt als ein anderer, insbesondere als ein richtig geleiteter Schirmschlagbetrieb, dessen Bäume frühzeitig aus dem Zustande starker Kronen-

---

1) A. Engler, Aus Theorie und Praxis des Femelschlagbetriebes. Schweiz. Ztschr. f. Forstw. 1905, S. 123 ff. — Düesberg, Der Wald als Erzieher, S. 93—132.

2) Hier insbes. zu vergleichen Gayers: ,,Der gemischte Wald", sowie Gayer, ,,Ueber den Femelschlagbetrieb und seine Ausgestaltung in Bayern" 1895, ferner Bericht über die 19. Versammlung deutscher Forstmänner in Kassel 1890, S. 17. ,,Die wirtschaftliche und finanzielle Bedeutung des horst- und gruppenweisen Femelschlagbetriebes im Hochwald", sowie Bericht über die II. Hauptversammlung des deutschen Forstvereins in Regensburg (1901) S. 106: ,,Beruht in dem Femelschlagverfahren, sowie in der Kombination desselben mit dem Saumschlagverfahren das vorzüglichste Mittel, Mischbestände in sicherster und vollkommenster Weise zu erziehen?" ,,Wirtschaftsregeln für die Kgl. Bayerischen Forstämter Kehlheim-Nord und Süd" herausgegeben von der Kgl. Ministerial-Forstabteilung (den Mitgliedern der Forstversammlung zu Regensburg gewidmet). — Wappes, Ueber das Prinzip und die Anwendbarkeit des Femelschlagverfahrens. Zbl. f. d. ges. Forstw. 1904. S. 387; A. Engler, Aus Theorie und Praxis des Femelschlagbetriebes. Schweiz. Ztschr. f. Forstw. 1905, S. 29, 61, 99, 123. — Blum, Aus Theorie und Praxis des Femelschlagbetriebes. Allg. F.- u. J.-Ztg. 1906, S. 149.

spannung befreit werden, ist noch nicht genügend untersucht. Wie allen Naturverjüngungen ist auch dem Plenterschlagbetrieb eine gewisse Erschwerung bei der Ernte und beim Transport der Mutterbäume eigentümlich. Beschädigungen des Jungwuchses und der noch stehenden Althölzer sind unvermeidlich, treten aber um so mehr zurück, je geschickter und vorsichtiger die Arbeiter zu Werke gehen, und lassen sich wohl bis zur Unschädlichkeitsgrenze zurückdrängen. Der Gedanke an größere Sturmgefahr der in der Verjüngung stehenden Bestände scheint zwar nach den bayrischen Erfahrungen unberechtigt, bleibt aber für alle exponierteren Lagen und weniger sturmfesten Holzarten naheliegend.

Der Femelschlagbetrieb tritt in Konkurrenz hauptsächlich mit dem Schirmschlag- und dem Kahlschlagbetrieb. Er ist im allgemeinen für alle Holzarten zulässig, welche nicht so ausgesprochene Lichthölzer sind, daß sie jeden Schirmdruck oder alle Seitenbeschattung auch in der Jugend verbieten. Die Verbindung mit Kahlabsäumungen und künstlichem Anbau ist nicht ausgeschlossen, vielmehr öfters geboten.

3. Schirmschlagbetrieb:

Der Betrieb findet ebenfalls in der natürlichen Verjüngung durch Samenabfall (Mutterbäume auf der Fläche) Ziel und Begründung. Der Boden wird niemals bloßgelegt, wohl aber wird dadurch, daß man den ganzen Bestand gleichmäßig durchlichtet, die Entstehung einer leichten Bodenbenarbung eher möglich als bei dem mit einzelnen kleinen, unzusammenhängenden Bestandespartien operierenden Femelschlagbetrieb. Keineswegs bedeutet dies aber schon eine entschiedene Schädigung der Bodenkraft, wenn nur bei den betreffenden Hieben stets mit der nötigen Vorsicht verfahren wird. Allerdings entsteht grundsätzlich ein gleichförmiger Bestand. An sich ist ein solcher aber nur dann zu beanstanden, wenn durch ihn den Rücksichten der Bodenpflege nicht genügend entsprochen wird. Ausdehnung des Verjüngungszeitraumes bietet auch bei diesem Betrieb die Möglichkeit länger andauernden Lichtungszuwachses. Das Zusammenfassen mehrerer Jahresschläge in einen Periodenschlag gestattet die Durchführung des jährlichen Nachhaltbetriebs auf kleinerer Gesamtfläche als beim Kahlschlagbetrieb; freilich ist der reine Femelbetrieb in dieser Hinsicht nicht zu erreichen. Dagegen ist die Uebersichtlichkeit im Schirmschlagbetrieb größer als im Femelwald und auch als im Femelschlagbetrieb. Die angestrebte Gleichmäßigkeit der Schlagstellung beim Schirmschlagbetrieb spricht für dessen Anwendung in gleichförmigen, hauptsächlich von ein und derselben Holzart gebildeten Beständen.

4. Saumschlagbetrieb.

Diese Betriebsweise ist, wie schon S. 41 angedeutet wurde, nur eine Abart des Schirm- bezw. Plenterschlagbetriebes. Die natürliche Verjüngung findet auf schmalen Streifen statt, die man je nach dem gleichmäßigen oder ungleichmäßigen Stande der Samenbäume als Saumschirmschläge bezw. Saumplenterschläge bezeichnen darf. Der Wert aller Saumverjüngung beruht in der Erhöhung der für das Gelingen der natürlichen Ansamung sehr bedeutsamen Bodenfeuchtigkeit. Auf dem am Bestandesrande liegenden Verjüngungsstreifen kommen die bei günstigem Winde hereingewehten Niederschläge mehr zur Wirkung als auf einer größeren mit Samenbäumen mehr oder weniger gleichmäßig überstellten Fläche, wo sie von den Kronen der Samenbäume um so stärker abgefangen werden, je größer deren Zahl ist. Hinsichtlich der von der Saumverjüngung angestrebten besseren Ausnützung der Niederschläge macht es aber einen großen Unterschied, ob der Verjüngungsstreifen am Ost- oder Südrande bezw. am West- oder Nordrande des zu verjüngenden Bestandes gelegen ist. Die der Sturmgefahr wegen zeither zumeist von Osten herein eingeleitete Verjüngung führte infolge der intensiveren Besonnung durch die Vormittags-

und Mittagssonne, ferner infolge der ungehinderten Einwirkung der trockenen Ostwinde, sowie infolge der stärkeren Abhaltung der von Westen kommenden Regen zu keinem befriedigenden Ergebnis. Vielmehr sind Austrocknung des Bodens, Dürre und Spätfrostschäden die gewöhnlichen Begleiterscheinungen der von Osten, Südosten oder Süden herein versuchten Verjüngung. Prof. Wagner-Tübingen ist es zu danken, die infolgedessen stark in Mißkredit gekommene Saumverjüngung dadurch wieder zu Ehren gebracht zu haben, daß er an der Hand praktischer Erfahrungen auf die ganz anders gearteten Verhältnisse der an den West-, Nordwest- und Nordrändern liegenden Verjüngungsstreifen aufmerksam machte. In dem von Wagner[1]) empfohlenen „Blendersaumschlag“, einer von Norden, unter Umständen (bei Fehlen von Sturmgefahr) auch von Nordwesten vorrückenden Saumverjüngung, ist der Saumschlagbetrieb wieder in die Zahl der brauchbaren Betriebsarten aufgenommen worden. Auf den am Nord- oder Nordwestrande liegenden Verjüngungsstreifen bleibt die Bodenfrische besser bewahrt, weil die im Osten und Süden stehende Sonne weniger einwirkt und weil die von Westen kommenden Regen mehr oder weniger vollen Zutritt zum Boden haben. Die Folge ist, wie die Beobachtungen im Walde bestätigen, Gelingen, und zwar teilweis überraschend gutes Gelingen der Naturverjüngungen.

Die Würdigung des Saumschlagverfahrens kann sich deshalb auf die Bewertung des Wagnerschen Blendersaums beschränken. Dadurch, daß die Verjüngung allmählich streifenweise nach dem Bestandsinnern zu vorrückt und daß auf den bereits angesamten Streifen eine mehr oder weniger rasch durchgeführte Räumung der Samenbäume für Regulierung des Lichtgenusses sorgt, wird, ähnlich wie beim Plenterschlagbetrieb, dem Wirtschafter die Möglichkeit geboten, Mischungen zu schaffen. Auf dem Verjüngungsstreifen behauptet sich zunächst der Aufschlag der Schattenhölzer Tanne und Buche. Je mehr beim Fortschreiten der Verjüngung auf dem zuerst in Angriff genommenen Streifen die Samenbäume geräumt werden, um so mehr sind die Bedingungen für Ansamung der lichtbedürftigen Holzarten, vor allem der Fichte, gegeben. Der Altersvorsprung, den der Schattenholzjungwuchs hat, sichert vor schnellem Ueberwachsen durch die Fichte und andere natürlich angeflogene oder künstlich eingebrachte lichtbedürftigere und schnellwüchsigere Holzarten. Dem in Erhaltung des Mischwuchses liegenden Vorzuge treten alle der natürlichen Verjüngung als solcher eigentümlichen Vorteile und Nachteile zur Seite. In sturmgefährdeten Lagen und gebirgigem Gelände, ferner dort, wo Samenjahre selten sind oder ein Lichtholz, vor allem die Kiefer, die standortsgemäße herrschende Holzart ist, stehen der Anwendbarkeit des Blendersaumschlages Bedenken entgegen. Auch die Notwendigkeit einer großen Anzahl von Anhieben und Transportgelegenheiten (Wegen) bereitet der allgemeinen Durchführung der Blendersaumverjüngung Schwierigkeiten, die in den ausgedehnten Fichtengebieten um so größer erscheinen, je mehr mit der Zahl der Anhiebe von Norden die Sturmgefahr wächst.

5. Kahlschlagbetrieb.

Sein wesentlichster Vorzug ist seine Einfachheit und Uebersichtlichkeit, sowohl

1) C. Wagner, Die Grundlagen der räumlichen Ordnung im Walde. 2. Aufl. 1911. Derselbe, Der Blendersaumschlag und sein System, 1912. — Vgl. hierzu u. a.: Thaler, Natur- oder Kunstverjüngung; sowie Wagners Erwiderung. Allg. F.- u. J.-Ztg. 1908, S. 8 und 153; Eberhardt, Die räumliche Ordnung im Walde und die Naturverjüngung, ebendas. 1908, S. 113. — Eulefeld, Die Waldwirtschaft von Prof. Wagner, ebendas. 1908, S. 353. — Fürst, Strittige Fragen auf dem Gebiete des Waldbaues. Forstwiss. Zentralbl. 1908, S. 505. — Fabricius, Die Anwendbarkeit des Wagner'schen Verjüngungsverfahrens, ebendas. 1909, S. 401. (Erwiderung von C. Wagner, das. 541); Derselbe, Zu dem Artikel des Herrn Prof. C. Wagner-Tübingen über die Gaildorfer Waldwirtschaft, ebendas. 1910, S. 37. — Kienitz, Aus dem Gebiete des Blendersaumschlags. Ztschr. f. F.- u. Jw. 1910, 215. — Cieslar, Wagners Blendersaumschlag. Zbl. f. d. ges. Fw. 1910, S. 49.

im Hinblick auf die Operationen des Waldbaues (Unabhängigkeit von der zufälligen Beschaffenheit des Altbestandes, dem Eintritt von Mastjahren etc.) und der Holzernte einschl. Holzbringung (Hiebsführung zu beliebiger Jahreszeit, ohne Rücksicht auf Jungwuchs etc.), als auf die Maßnahmen der Forsteinrichtung und Wirtschaftskontrolle. Voraussetzung ist aber, daß die Holzart für die Nachzucht im Freien (künstlicher Anbau oder Besamung durch Randbäume) geeignet ist, und daß eine Gefährdung der Bodenkraft nicht befürchtet werden muß. Der Betrieb ist also von vornherein nicht zu wählen für Tanne und Buche, obwohl er auch für diese Holzarten aushilfsweise da und dort eintreten kann. Bezüglich der Bodenkraft werden dem Kahlschlag die größten Vorwürfe gemacht. Unzweifelhaft ist das zeitweilige Bloßlegen des Bodens kein Gewinn (Verschlechterung insbes. der physikalischen Bodeneigenschaften, Humusverflüchtigung etc.), es sei denn, daß der Nachteil durch die Vorteile nachfolgender Bodenbearbeitung (Roden im Waldfeldbau, Rabattenkultur in nassem Terrain u. dergl.) paralysiert wird. Immerhin aber tritt im Hochwaldbetrieb jenes vollständige Entblößen des Bodens nur in großen Zwischenräumen ein und dürfte kaum als so unbedingt verderblich erachtet werden, wie es ab und zu hingestellt wird, wenn nur durch sofort nachfolgende tüchtige und gründliche Kultur der Boden rasch wieder gedeckt wird. Das ist allerdings eine nicht immer leicht zu erfüllende Bedingung, zumal außer den zunächst entscheidenden Witterungseinflüssen oft auch Insekten (Maikäfer, Rüsselkäfer u. a. m.) auf den Kahlflächen in verderblicher Weise auftreten oder Unkräuter im Uebermaß sich einstellen. Die Entstehung eines genügend geschlossenen Jungbestandes kann dadurch, ganz besonders auch durch Wildschäden, auf Jahre hinaus vereitelt werden. Gegen derartig widrige Einflüsse muß man sich möglichst sichern, indem man zu große und namentlich von Jahr zu Jahr aneinandergereihte Kulturflächen vermeidet, die Art der Kultur richtig wählt und für genügende Pflege derselben sorgt. Ein zweifelloser Nachteil des Kahlschlagbetriebes ist die durch ihn unaufhaltsam herbeigeführte Uniformierung der Bestände. Die wohltätigen Mischungen verschwinden. Dem gegenüber aber steht das ökonomische Uebergewicht reiner Bestände, wie auch die trotz aller Jugendkrankheiten der Kulturen doch immerhin große Erfolgssicherheit des Verjüngungsgeschäftes. Mit dieser Erfolgssicherheit steht allerdings ein oft nicht unbedeutender Kulturaufwand, also eine die Rentabilität wesentlich beeinflussende Erhöhung des Produktionskapitales in Zusammenhang. So richtig von den Anhängern der Naturverjüngung hierauf hingewiesen wird, so berechtigt ist der von den Kahlschlagfreunden erhobene Einwand, daß auch die natürlichen Verjüngungen meist nicht kostenlos gelingen und daß der Kahlschlag in vielen Fällen weit schneller zu lückenlosen Verjüngungen führt als die Naturverjüngung.

Tatsächlich sind mittelst des Kahlschlagbetriebs und nachfolgender künstlicher Kultur auf weiten Strecken vortreffliche Bestände begründet worden (bes. Fichte, Kiefer, Eiche etc.), und obwohl zweifelsohne da und dort auf großen Flächen auch entschiedene Mißerfolge zu verzeichnen sind, so sind diese doch nicht alle als unvermeidliche Folgen des Betriebs an sich zu charakterisieren, sondern sicherlich teilweise auf wirtschaftliche Fehler oder auf Ungunst des Standsortes zurückzuführen. Jedenfalls sind die Beweise, welche zugunsten des Betriebs erbracht werden können, mindestens ebenso zahlreich, als die gegenteiligen, so daß es — eine hier und da zu weit gehende Ausdehnung desselben zugegeben — doch nicht gerechtfertigt ist, den Kahlschlag ganz allgemein zu bekämpfen, bezw. auch für diejenigen Fälle zu verwerfen, in welchen er unleugbar guten Erfolg sichert. Man könnte wohl die Frage stellen, ob in solchen Fällen nicht durch Schirmschlag oder Femelschlag der gleiche waldbau-

liche Erfolg erzielt worden wäre? Bejahendenfalls würde dann ein zwingender Grund für den Kahlschlag nicht vorhanden gewesen sein. Aber es blieben dann doch die andern zu seinen Gunsten angeführten Momente in Kraft. Wer freilich überhaupt einen gleichmäßigen Bestand (auch den gleichförmigen Schirmschlag) nicht billigen kann, muß sich gegen Kahlschlag bedingungslos abweisend verhalten, mindestens ihn nur als Ausnahme zulassen. Aber es sind nur wenige, welche so einseitig eine bestimmte waldbauliche Richtung vertreten. Vielmehr begegnen sich mit wenig Ausnahmen alle bedeutenderen neueren Schriftsteller auf dem Gebiete des Waldbaues in dem fortwährenden Hinweis darauf, daß starres Verfolgen von Extremen zu vermeiden und jeder Betriebsart, je nach den örtlichen Bedingungen, ihre Stelle einzuräumen ist. Dies gilt natürlich, wie es jetzt anläßlich der Würdigung verschiedener Hochwaldformen ausgesprochen ist, nicht minder von allen übrigen Betriebsarten. Für die Wahl des einen oder des anderen Verjüngungsverfahrens ist der Standort von ausschlaggebender Bedeutung. Ein Generalisieren zugunsten eines bestimmten Betriebes ist unzulässig.

6. Kahlschlag mit Randbesamung.

Der nur für Holzarten mit leichten flugfähigen Samen in Betracht kommenden Naturverjüngung durch den Seitenstand ist eine größere Bedeutung nicht beizumessen. Die der Windgefahr wegen meist von Osten herein vorrückenden schmalen Kahlschläge sind mit denselben Mängeln behaftet, die oben bei Besprechung der Ostrand-Saumschläge erwähnt wurden. Sie sind namentlich der Austrocknung ausgesetzt, samen sich meist nur unvollkommen an und bedürfen bei der Verjüngung um so mehr künstlicher Nachhilfe, je breiter und unkrautwüchsiger sie sind.

B. Ausschlagswald.

§ 25. Charakteristisch sind kurze Umtriebszeit, dementsprechend baldiger Eingang von Abtriebsnutzung, häufige Wiederkehr der Ernte auf der nämlichen Fläche, Kahlabtrieb und damit in Verbindung Bloßlegung des Bodens und Gefährdung der Bodenkraft. Wenn auch in normalen Verhältnissen bei nicht zu alten Stöcken eine rasche Wiederbedeckung des Bodens stattfindet, so ist doch infolge des hohen Mineralstoffbedarfs der Ausschläge das Nährstoffkapital des Bodens mehr als beim Hochwaldbetrieb gefährdet. Die vom Ausschlagswald gelieferten Erträge sind, soweit es sich lediglich um Holz handelt, nach Masse und Wert meist gering. Das Nutzholzprozent ist gewöhnlich sehr bescheiden, die Rentabilität des Betriebes deshalb keine hohe, obgleich infolge des geringen Holzvorrates das Produktionskapital verhältnismäßig klein ist. Vorteilhaft erscheint der Ausschlagswald nur durch die von ihm gebotene Möglichkeit einer jährlichen Nachhaltswirtschaft auf kleiner Fläche und im Hinblick auf die geringe Bedrohung durch äußere Gefahren. Schnee, Sturm, Insekten, Feuer schaden wenig, nur der Frost wird hin und wieder den Stöcken des Niederwaldes gefährlich. Es ist selbstverständlich, daß nur ausschlagsfähige Holzarten, also Laubhölzer, für die hier zu nennenden Betriebe sich eignen.

1. Niederwald.

Er ist diejenige Betriebsart, die unter den Ausschlagswaldungen fast allein im großen angewendet wird. Für ihn gelten alle vorstehend angeführten Momente. Sehr niedrige Umtriebe (Anzucht von Flechtweiden) sind auch auf ganz gutem Standort nur bei entsprechender Bodenbearbeitung, event. Düngung dauernd leistungsfähig, selbst die höheren (z. B. Eichenschälwald) fordern sorgsamste Bestandes- und bezw. Bodenpflege. Der Niederwaldbetrieb zeichnet sich durch größte Einfachheit und Uebersichtlichkeit aus, vermag aber nur dann einen befriedigenden Ertrag zu liefern,

wenn seine besonderen Erzeugnisse, z. B. Weidenruten, Rebpfähle, Faschinen usw. günstige Marktverhältnisse finden und infolgedessen relativ hoch in Wert stehen. Der nur Brennholz erzeugende Niederwald ist im allgemeinen nicht gewinnbringend und daher nur dort gerechtfertigt, wo er durch die Ungunst des Standortes bedingt wird, z. B. an steilen, flachgründigen Hängen oder in Bruch- und Geröllpartien. Vor dem Preisrückgang der Eichenlohrinde war es vielerorts dem Eichenniederwalde (= Eichenschälwalde) möglich, einen im Vergleich zum Durchschnittsertrag des Hochwaldes befriedigenden Reinertrag zu erzielen. Da das heut nicht mehr möglich ist, hat der Eichenschälwald seine Existenzberechtigung auf großen Flächen verloren, namentlich dort, wo er sich in Hochwald überführen läßt.

2. Kopfholzbetrieb.

Kommt als forstlicher Betrieb höchstens in Flußniederungen in Frage, wenn Schutz gegen Eisgang und Wasser notwendig ist. Hier sowohl wie auch auf landwirtschaftlichem Gebiete, auf Wiesen entlang der Bäche usw., handelt es sich fast durchgängig um Weiden und Pappeln, deren Ausschläge als Futterlaub, meist jedoch zu gröberen Korbflechtereien (Bandweiden) Verwendung finden. Rücksichten der Bodenpflege zugunsten der Holzproduktion werden nicht genommen.

3. Schneitelbetrieb.

Forstlich bedeutungslos. Meist nur in geringem Umfange an Einzelbäumen (Eichen) und außerhalb des Waldes zum Zwecke der Futterlaubgewinnung seitens des Landwirtes ausgeübt.

C. Mittelwald.

§ 26. Der Mittelwaldbetrieb ermöglicht die Anzucht sämtlicher Holzarten. Für das Unterholz sind natürlich nur Laubhölzer mit bedeutender Reproduktionskraft tauglich. Aber als Oberholz lassen sich, obwohl manche und insbesondere dichtkronige Holzarten zu diesem Zwecke wegen zu starker Beschattung des Unterholzes nur schlecht taugen, wenn es der Waldbesitzer wünscht, sämtliche Holzarten verwenden. Der Mittelwald liefert alle denkbaren Sortimente. Kann er auch, in bezug auf Qualität der Oberholzstämme, mit manchen Leistungen des Hochwaldes (astreines, geradschaftiges Holz) nicht konkurrieren, so erzeugt er doch andererseits wieder manche Ware (z. B. Schiffsbauhölzer) in besonderer Güte. Ertragsreich sind die als Mittelwälder behandelten Forste zumeist nur in den Niederungen unserer Flüsse (Auewaldungen), für welche sich diese Betriebsform trefflich eignet. Sie verdient aber auch insofern Beachtung, als sie eine jährliche Nachhaltwirtschaft auf kleiner Fläche gestattet und dabei doch durch den Oberholzbetrieb auch Nutzholz verschiedenster Art, wenn auch in beschränkter Menge, ergibt (z. B. sehr beliebte Wirtschaftsform für den oft nicht beträchtlichen Waldbesitz von Gemeinden). Die Gefahren, welche den Mittelwald bedrohen, sind im ganzen ziemlich gering.

Die Wirtschaftsführung erfordert aber viel Fleiß und Umsicht, will man nicht baldigen Rückgang der Erträge erleben[1]). Der Kahlhieb im Unterholz bedeutet — wenn auch wegen des Oberholzschirmdaches weniger wie im Niederwald — immerhin eine Gefährdung der Bodenkraft, welcher durch sorgfältige Erhaltung ausschlagskräftiger Holzarten tunlichst begegnet werden muß. Ebenso ist die richtige Auswahl, Menge, Verteilung, Pflege etc. des Oberholzes von größter Wichtigkeit. Die Rekru-

1) Geringwertige Mittelwaldungen finden sich zahlreich, häufig infolge nicht genügender Rekrutierung, sowie rücksichtsloser Ausübung der Gras- und Weidennutzung, wodurch die etwa sich einstellenden Naturansamungen vernichtet werden.

tierung erfolgt durch reichliches Einpflanzen von starken Pflänzlingen, namentlich Halbheistern und Heistern (Eiche, Esche, Ulme, Nadelhölzer usw.) nach jedem Abtrieb des Unterholzes. Besondere Schwierigkeiten entstehen im Mittelwald für die Forsteinrichtung, soweit das Oberholz in Betracht kommt; Ertragsveranschlagungen sind ziemlich unsicher[1]). Die Erträge selbst sind begreiflich außerordentlich verschieden [2]).

Zweites Kapitel.

Modifikationen der Grundformen, Zwischen- und Uebergangsformen. Besondere Fälle.

Wie schon in den Vorbemerkungen zum zweiten Abschnitte hervorgehoben worden ist und auch aus den Erörterungen der späteren Abschnitte, namentlich aus denen über Bestandeserziehung, näher hervorgeht, darf die Anzahl der sich zwischen den Grund-Betriebsarten einschaltenden, sie modifizierenden und in schärferer Ausprägung sich zu gewissen eigenartigen Formen ausbildenden Betriebe füglich als eine unbeschränkte betrachtet werden. Deshalb kann an dieser Stelle auch nur auf einige Fälle noch besonders aufmerksam gemacht werden, die, sei es durch ihr häufigeres Auftreten, sei es durch die Art ihrer Merkmale vor anderen Beachtung verdienen dürften.

Dabei können als Modifikationen solche Formen bezeichnet werden, bei welchen die Grundform, der sie zugehören, noch klar erkennbar, bezw. nur in mehr nebensächlichen Punkten verschoben ist; als Uebergangsformen solche, welche sich zwischen zwei Grundformen einschalten und ebensowohl der einen als der anderen zugezählt werden können. Als besondere Fälle endlich dürfen gewisse Wirtschaften namhaft gemacht werden, die sich zwar aus einer bestimmten Grundform herausentwickeln lassen und sich noch mehr oder minder an sie anlehnen, aber doch durch Einfügung irgend welcher neuer Faktoren ein entschieden abweichendes und entsprechend selbständiges Gepräge zeigen. Scharfe Trennung nach diesen drei Rubriken ist allerdings nicht möglich, vielmehr werden vielfach Zweifel darüber entstehen, ob man eine vorgefundene Wirtschaftsform da oder dort einreihen soll. Doch ist eine solche feinere Rubrizierung auch ziemlich gleichgiltig.

A. Hochwald.

§ 27. 1. Femelartiger Hochwaldbetrieb[3]):

Diese Wirtschaftsform würde als eine Vereinigung des Femelbetriebs und Femelschlagbetriebs, auch wohl dieser beiden mit dem Schirmschlagbetrieb im nämlichen Bestand aufgefaßt werden können. Sie äußert sich — ganz nach dem jeweiligen Bedürfnis der einzelnen Bestandespartie und frei von allem schablonenmäßigen Gebundensein an ein einzelnes der in den genannten Grundbetrieben verkörperten Prinzipien — bald in femelweiser, bald in mehr schlagweiser Behandlung der Gruppen und Horste und berücksichtigt in gleicher Weise die gesicherte natürliche Verjüngung der Bestände (wo nötig mit künstlicher Beihilfe in beschränktem Umfang), wie die Ausformung der Stämme zu möglichst starken, hochwertigen Sor-

1) Vergl. Handbuch unter XIII. Forsteinrichtung.

2) Nachweise in den statistischen Veröffentlichungen verschiedener Länder. — Vergl. z. B. auch: Vereinshefte des Elsaß-Loth. Forstvereins für 1885; ferner Brecher, Aus dem Auenmittelwalde S. 64 ff., sowie Lauprecht, Aus dem Mühlhäuser Mittelwalde, Suppl. zur Allg. F.- u. J.-Z. VIII. Bd., 1. Heft (S. 54 ff.) von 1871. Hamm, Der Ausschlagwald 1896. Derselbe, „Leitsätze für den Mittelwaldbetrieb" (Fw. Zbl. 1900, S. 392). Ueber die statische Seite des Mittelwaldbetriebs zu vergleichen Stoetzer, Die finanzielle Seite der Mittelwaldwirtschaft (Tharandter Jahrbuch 1890, S. 75); ferner Schuberg, Zur Betriebsstatik im Mittelwalde, 1898. — Martin, Forstliche Statik, 2. Bd. 1911, S. 10 f.

3) Vergl. Schubergs Schlaglichter zur Streitfrage: schlagweiser Hochwald- oder Femelbetrieb. Forstw. Zentralblatt v. 1886, S. 129 u. S. 194; siehe auf S. 53 die Bemerkung über diese höchst dankenswerte Arbeit.

timenten (intensive Auswirkung des Lichtungszuwachses). Ein solcher Betrieb paßt nur für entschiedene Schattenhölzer, hauptsächlich für die Weißtanne, und erscheint in seiner Durchführung zumeist als eine Konzession an die Grundsätze des Femelbetriebs. Das Abweichende von diesem besteht darin, daß nicht ein ganzer Umtrieb zur Schaffung eines neuen Bestandes an Stelle eines jetzt vorhandenen gefordert, sondern die Verjüngung in kürzerer Zeit, jedenfalls aber doch in langem Zeitraum (30, 40, ja 60 Jahren) bewerkstelligt wird, und daß sich je nach Umständen größere oder kleinere gleichförmig behandelte Gruppen (wie im Femelschlagbetrieb) einschieben. Ob dabei mehr durch Aushieb einzelner Stämme oder mehr in Gestalt gruppen- und horstweiser Bewirtschaftung vorgegangen wird, hängt in erster Linie von der zufälligen Beschaffenheit des Bestandes (Aushieb alles schadhaften Holzes, besonders breitkroniger, hervorragend starker Stämme, Förderung von Vorwuchshorsten usw.) ab. Jedenfalls ist ein ungleichförmiger Bestand das Wirtschaftsziel. Die behaupteten Vorzüge eines solchen kommen in diesem Betrieb voll zur Geltung. In den Alpen werden (nach Engler [1]) viele gewöhnlich als Plenterwaldungen bezeichnete Waldungen femelschlagweise bewirtschaftet, indem meistens nur 2 oder 3 Altersklassen miteinander gemengt sind und nach kürzerer oder längerer Zeit auf der einzelnen Bestandsfläche alles ältere Holz verschwindet.

Die Abhandlung Schubergs, auf welche S. 52 Anm. 3 verwiesen ist, bringt hinsichtlich der Tanne, welche bes. im badischen Schwarzwald vielfach im „femelartigen Betrieb" bewirtschaftet wird, den auf zahlreiche exakte Erhebungen über die Zuwachsleistung in diesem Betrieb im Gegensatz zum Schirmschlagbetrieb gestützten Nachweis, daß der letztere sowohl in der Gesamtmasse als auch namentlich bezüglich der Verteilung der Einzelstämme auf die verschiedenen Nutzholzklassen erheblich hinter dem femelartigen Betrieb zurückbleibt. Bei gleichem durchschnittlichem Alter liefert dieser einen weit höheren Prozentsatz an Stämmen der ersten Klasse, weil er keine entwickelungsunfähigen Individuen lediglich eines gleichmäßigen Bestandesschlusses wegen beläßt und eben infolge der zeitigen Entfernung aller dieser zweifelhaften Glieder den übrigen einen erhöhten Lichtgenuß gewährt. Immerhin könnte man fragen, ob nicht bei der Vergleichung ab und zu gegen einen Grundsatz der Statik einigermaßen verstoßen ist, nämlich den, daß man jede der gegeneinander abzuwägenden Wirtschaftsformen im Zustand ihrer höchsten Leistungsfähigkeit betrachten soll. Dann darf aber auch der Schirmschlag keine Kranken aufweisen und muß derart durchlichtet sein, daß auch in ihm ein genügender Lichtungszuwachs zur Geltung kommt. (Ob man dann bei der Tanne, insbesondere durch bedingungslosen Aushieb aller Krebsbäume nicht von selbst zu einer femelartigen Form kommt, ist eine andere Frage.)

2. Ueberhaltbetrieb und zweihiebiger Hochwaldbetrieb [2]):

a) Wenn von den hiebsreifen Bäumen eines Hochwaldbestandes eine gewisse Anzahl von der Abtriebsnutzung ausgeschlossen wird und im nachgezogenen Jungwuchse bis in den nächsten Umtrieb hinein stehenbleibt, so entsteht die Ueberhaltform. Zweck derselben ist die Anzucht besonders starker Stämme, wie sie der gewöhnliche Umtrieb nicht zu erzeugen vermag. Man will aber nicht für die ganze Wirtschaft oder für einzelne ganze Bestände, um solche Starkhölzer zu gewinnen, den Umtrieb erhöhen, sondern die übliche Umtriebszeit für die Hauptmasse der Bestände durchweg beibehalten. Der gewünschte Erfolg ist nur zu erreichen, wenn die übergehaltenen Stämme (Ueberhälter, Waldrechter, Oberständer) genügend lange Zeit nach dem Abtrieb des Grundbestandes, möglichst während der ganzen folgenden Umtriebszeit, fortwachsen. Sie müssen also an sich entsprechend wuchskräftig sein und unter Be-

1) Engler, Aus der Theorie und Praxis des Femelschlagbetriebes. Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. 1905, S. 64.

2) Vergl. Täger, „Zum zweihiebigen Kiefernhochwaldbetrieb" (Festgabe zur Görlitzer Forstversammlung 1885). — Derselbe, „Zum zweihiebigen Kiefernhochwaldbetrieb" im Tharandter Jahrb. v. 1887, S. 1 ff. — Meyer, „Zur Frage des Ueberhaltsbetriebs resp. des zweihiebigen Hochwaldes" in Zeitschr. f. F.- u. Jw. 1887, S. 13 ff.

dingungen belassen werden, die ihre fernere gedeihliche Entwickelung sichern. Man darf deshalb nur durchaus gesunde, gut geformte und gleichmäßig bekronte Stämme zum Ueberhalt bestimmen (nicht etwa die allerstärksten) und muß für Erhaltung der Bodenkraft sorgen.

Mittelhohe Umtriebe eignen sich am meisten; man hat dann Hoffnung, daß wenigstens ein Teil der Oberständer den vollen zweiten Umtrieb aushält.

Der Betrieb findet sich in den verschiedenartigsten Formen, weil er sich aus jeder beliebigen Grundform herausentwickeln kann. Immer aber sollten die Ueberhaltbäume möglichst allmählich an den freien Stand gewöhnt werden, wozu unter Umständen schon lange Zeit (20—40 Jahre) vor ihrer endgültigen Freistellung der Freihieb eingeleitet werden muß, falls nicht die Wirtschaftsform an sich schon (wie im Femelbetrieb oder femelartigen Betrieb) allmähliches Gewöhnen an den Freistand bedingt. Mit dem Uebergang in die Ueberhaltstellung muß jede, wenn auch nur vorübergehende Minderung der Bodentätigkeit vermieden werden.

Ueber die Leistungen des Ueberhaltbetriebes gibt man sich vielfach Täuschungen hin. Sie sind in vielen Fällen keineswegs so befriedigende, wie man namentlich in früherer Zeit annahm. Die Erkenntnis dieser Täuschung hat in der neueren Zeit zu einer wesentlichen Einschränkung des Ueberhaltbetriebes geführt. Auf gutem Boden zeigen gesunde und mittelstarke Ueberhaltstämme in den ersten Jahrzehnten nach der Freistellung allerdings eine lebhafte Zuwachssteigerung, einen erfreulichen Lichtungszuwachs, dem bei Eiche, Kiefer, Lärche und anderen Wertshölzern auch eine mehr oder weniger beträchtliche Wertszunahme zur Seite steht. Je nach der Bodengüte früher oder später, manchmal schon wenige Jahre nach der Freistellung lassen Massen- und damit Wertzuwachs aber nach und vermögen dann oft nicht mehr den Schaden zu paralysieren, den Wurzeln und Krone des Ueberhälters am nachwachsenden Jungwuchse anrichten. Hierzu kommt, daß der einzelne Ueberhaltstamm den doppelten Umtrieb oft nicht aushält, sondern aus Gründen verschiedenster Art (Rindenbrand, Sturmbeschädigung, Insekten, Blitz usw.) vor der Hiebsreife des Hauptbestandes genützt werden muß, wenn der weiteren Holzentwertung vorgebeugt werden soll. Derartige Vorentnahmen (Auszugshauungen) sind ebenso störend, wie für den Hauptbestand gefährlich und hinterlassen meist unbequeme Löcher, die nur schwer sich ausfüllen lassen. Aus allen diesen Gründen empfiehlt sich der Ueberhaltbetrieb nur auf den besten Böden, die einen nachhaltigen Lichtungszuwachs in Aussicht stellen, und nur für solche Holzarten, deren Massenzuwachs eine erhebliche Wertsteigerung in sich schließt, das sind vor allem Eiche, weiterhin Kiefer, Lärche, Ahorn, Esche. Je lichtbedürftiger die übergehaltene Holzart und je schattenertragender der Hauptbestand ist, um so mehr treten die Verdämmungsschäden zurück. Ganz besonders rechtfertigt sich das Ueberhalten der Eiche im Buchengrundbestande. Ob gruppenweiser Ueberhalt dem Einzelüberhalt vorzuziehen ist, bedarf der Entscheidung von Fall zu Fall; jedenfalls erfordert die Ueberhaltgruppe Unterbau, wenn nicht natürlicher Unterwuchs sich einstellt. Die Ansichten über die zweckmäßige Anzahl der auf der Flächeneinheit zu belassenden Ueberhälter sind verschieden und müssen es sein, da Bodengüte und Schattenerträgnis des Hauptbestandes bei der Bemessung der Zahl der Ueberhaltstämme entscheidend sind.

Der mehr oder weniger günstige Wirtschaftserfolg des Ueberhaltbetriebes hängt weiterhin auch von der Betriebsart ab, mit welcher der Ueberhalt verbunden wird. Am mißlichsten sind in dieser Hinsicht die Bedingungen im Kahlschlagbetrieb, z. B. beim Ueberhalt einzelner Kiefern beim Abtrieb des Bestandes. Die wünschenswerte allmähliche Freistellung der Ueberhälter unterbleibt hier oft, der Ueberhaltstamm wird vielfach aus dem vollen Bestandsschluß freigestellt und leidet dann unter den Folgen der ungewohnten Wuchsverhältnisse, während an-

dererseits seine zunächst kleine Krone nicht in der Lage ist, den verstärkten Lichtgenuß in gehörigem Maße auszunützen.

Im Schirmschlagbetrieb (z. B. Ueberhalt wuchskräftiger Eichen, Eschen, auch einzelner Buchen etc. im gemischten Laubholzhochwald) liegen die Verhältnisse insofern günstiger, als während des Verjüngungszeitraumes allmähliche Freistellung bewirkt und der Boden nicht entblößt wird. — Auch mit dem Femelschlagbetrieb würde sich ein eigentlicher Ueberhaltbetrieb (stammweise oder vielleicht grundsätzlich mehr gruppenweise) sehr gut verbinden lassen.

b) Der zweihiebige oder zweialtrige Hochwald darf als besonderer Fall des Ueberhaltbetriebs bezeichnet werden. Er entsteht, wenn bei nicht zu hohem Umtrieb verhältnismäßig viele Stämme zum Zwecke der Starkholzerziehung als Ueberhälter belassen werden. Die Oberständer erscheinen dann nicht als eine Zugabe zum Grundbestand, sondern sind der eigentlich entscheidende Bestandesteil, während der nachzuziehende Bestand zwar auch zu nutzholzliefernden Stämmen heranwachsen, nebenbei aber für Schutz und Erhaltung der Bodenkraft sorgen soll. Der zweihiebige Hochwald ist somit nichts anderes als ein Lichtwuchsbetrieb. Er arbeitet am besten, wenn ihm nur mittelhohe Umtriebszeiten (70, 80 höchstens 100 Jahre) zu Grunde gelegt, die Ueberhaltstämme in diesem Alter also freigestellt werden. Anderenfalls werden trotz aller Sorgfalt viele Ueberhälter vor der Zeit abständig [1]. Gegenüber einer allgemeinen Erhöhung der Umtriebszeit hat man den Vorteil, daß nur die wirklich guten Stämme dem hohen Alter zugeführt werden. Von geringeren Böden ist der Betrieb fernzuhalten [2].

Das frühzeitige Vorbereiten auf die Ueberhaltstellung, d. h. das Freistellen der dazu bestimmten Bäume ist stets nur so allmählich auszuführen, daß eine schädliche Verlichtung des Bestandes dabei nicht eintritt.

Als besondere hierher gehörige Formen sind zu nennen:

der zweialtrige Hochwald Burckhardts,

der modifizierte Buchenhochwaldbetrieb von v. Seebach,

die Homburgsche Nutzholzwirtschaft.

Sie sind im vierten Abschnitt besprochen.

Wie sich unter bestimmten Umständen auch einmal ein „Dreifacher Hochwaldbetrieb" (innerhalb einer Umtriebszeit Nutzung gewissermaßen von drei verschiedenen Beständen auf der nämlichen Fläche: 20jähriger Kiefernschutzbestand, 110jährige Buchen, 140jährige Eichen) entwickeln kann, hat Wilbrand in der Allg. F.- u. J.-Z. (1879, S. 41 ff.) gezeigt. Doch gehört die betr. Wirtschaft mehr nur dem Namen nach hierher; sie ist ein Unterbaubetrieb mit besonderer Modifikation.

3. Unterbau- und Lichtwuchsbetrieb.

Beide sind nicht eigentlich besondere Betriebsarten, sondern mehr nur bestimmte Formen der Bestandeserziehung und werden als solche im 4. Abschnitt näher besprochen. Sie schließen sich nach Zweck und Form eng an die oben genannten zweialtrigen Betriebe an und können sowohl aus dem Kahlschlagbetrieb wie auch aus den Vorverjüngungsbetrieben heraus entwickelt werden. Von den zweialtrigen Betrieben im engeren Sinne unterscheiden sie sich dadurch, daß zwar das Wirtschaftsziel wie dort auf die Nutzbarmachung des Lichtungszuwachses an freigestellten Stämmen gerichtet, neben diesen Stämmen aber ein natürlich entstandener oder durch Unterbau usw. geschaffener Bestandsteil vorhanden ist, dem ohne Rücksicht auf eigene Werterzeugung in erster Linie der Schutz des Bodens zufällt.

B. Niederwald und Mittelwald.

§ 28. Zwischen beiden Betriebsarten, sowie zwischen diesen und dem Hochwald schieben sich mehrere Uebergangsformen ein, welche sich in verschiedenartiger Weise gegenseitig annähern können.

1) Auszugshiebe, vergl. vierter Abschnitt, § 72.

2) Täger a. a. O. will auch noch auf Kiefernboden 3., ja 4. Güte mit seinem Betrieb gute Starkhölzer erziehen; auf Boden 2. Bonität soll mit Fichte unterbaut werden. Entsprechende Rentabilität wird von T. nachgewiesen.

So kann man im Niederwald einzelne Oberständer überhalten und gewinnt dadurch, namentlich wenn man einen Teil derselben noch länger als durch den nächstfolgenden Umtrieb stehen läßt, eine mittelwaldartige Form. Eine solche kann für etwaige Betriebsumwandlungen (z. B. Eichenschälwald in Eichenhochwald, bei rückgängigen Rindenpreisen) von hoher Bedeutung werden.

Oder man läßt im Niederwald an den Wegrändern Hochstämme stehen, bezw. pflanzt daselbst hochstämmig zu erziehende Holzarten (Lärche etc.) an, um wenigstens ein mäßiges Quantum stärkerer Nutzholzsortimente zu erhalten. Durch den Oberstand wird ja im allgemeinen der Ertrag an Ausschlagholz geringer, dafür aber erhält man stärkere, im Nutzwert höher stehende Stangen. In einzelnen Fällen kann auch Beschattung des Bodens oder Schutz der Ausschläge vor Frost Veranlassung zum Ueberhalt sein.

Der Mittelwald kann ein hochwaldartiges Aussehen gewinnen oder andererseits mehr nach Art des Niederwaldes beschaffen sein, je nachdem man dem Oberholz eine mehr oder minder umfängliche Beteiligung gestattet. Die besonderen Umstände des Wirtschaftsbetriebes können Uebergänge nach der einen oder anderen Seite hin rätlich erscheinen lassen. Die neuere Zeit neigt dazu, die niederwaldartige, durch Vorherrschen des Ausschlagholzes gekennzeichnete Form, sowie den sog. regulären Mittelwald, in welchem Ober- und Unterholz in annähernd gleichmäßiger Verteilung vertreten sind, zu verlassen und die durch größeren Oberholzreichtum rentabler werdende hochwaldartige Form zu begünstigen. Dem Oberholz verschafft man hierbei durch Auspflanzen größerer Löcher eine mehr horstweise Verteilung. In dem Maße die Horste erweitert werden, nähert sich der Mittelwald alsdann der Plenterschlagform und geht in Hochwald über.

C. Haupt- und Nebennutzungsbetriebe.

§ 29. Als besondere Formen des Hoch- bezw. Niederwaldbetriebes seien hier noch die im Abschnitt Forstbenutzung näher geschilderten Verbindungen forst- und landwirtschaftlicher Produktion erwähnt, die als Waldfeldbau bezw. Hackwald- oder Haubergswirtschaft in früheren Zeiten eine größere Rolle gespielt haben als in der Gegenwart.

1. Waldfeldbau[1]): stellt eine Verbindung von Hochwaldbetrieb und landwirtschaftlicher Produktion dar. Erfolgt der Anbau landwirtschaftlicher Erzeugnisse (Roggen, Buchweizen, Kartoffel) nach der Rodung der ursprünglich mit Holz bestockten Fläche als Vorbau, wechseln mithin land- und forstwirtschaftliche Ernten miteinander ab, so haben wir es mit Röderlandbetrieb zu tun. Erfolgt hingegen der Anbau land- und forstwirtschaftlicher Nutzpflanzen gleichzeitig auf derselben Fläche, dergestalt, daß zwischen den mehr oder weniger weit voneinander entfernten Holzpflanzenreihen eine Anzahl von Jahren landwirtschaftlicher Zwischenbau getrieben wird, so handelt es sich um Waldfeldbau im engeren Sinne. Beide zunächst auf Erzeugung landwirtschaftlicher Werte, vom waldbaulichen Standpunkte weiterhin auf Förderung der Holzkultur durch Bodenbearbeitung und auf Erhöhung der Waldrente gerichteten Betriebe haben ihre Bedeutung verloren. Von Ausnahmen abgesehen kommt hierbei höchstens der Forstwirt, nicht aber der Landwirt auf seine Rechnung. Der Waldboden ist zumeist kein Feldboden oder erfordert, um ihn zu solchem umzugestalten, so große Aufwendungen für Bodenbearbeitung, daß seine

1) Vgl. Bericht über die XV. Versammlung deutscher Forstmänner zu Darmstadt 1886, S. 81—145; Speidel, Der Waldfeldbau im württemb. Oberschwaben, Allg. F.- u. J.-Z. 1888, S. 276; Köhler, Ueber den Waldfeldbau in Oberschwaben, das. 1898, S. 117, spricht sich gegen denselben aus.

nur kurzfristige Benutzung zur Anzucht von Feldgewächsen sich nicht lohnt. Auch vom forstlichen Standpunkte erscheint der landwirtschaftliche Vor- oder Zwischenbau nicht immer einwandsfrei, weil er, meist ohne Düngung verlaufend, zur Verarmung des Bodens führt, wenn er eine Reihe Jahre hintereinander auf einer Fläche betrieben wird.

2. Hackwald- oder Haubergswirtschaft[1]): Verbindung von Niederwald mit landwirtschaftlichem Fruchtbau. Nach dem Stockschlag werden die schwächeren Reisigteile und der Bodenüberzug verbrannt, teils durch ein über den Schlag hinweglaufendes Feuer, durch „Ueberlandbrennen" oder „Sengen", teils nach Zusammenbringen des Reisigs und des abgeschälten Bodenüberzuges in Haufen, durch sog. „Schmoren". Nach dem Brennen („Hainen") und folgender Bearbeitung des Bodens wird zwischen den Ausschlagstöcken 1—2 Jahre Getreide angebaut. Der seit Jahrhunderten in Hessen und Baden (Odenwald, Schwarzwald, Siegen) mit dem Eichenschälwald verbundene Betrieb hat für die in Frage kommenden Gegenden mit einer nur kleinen und noch dazu ziemlich unfruchtbaren Feldfläche und mit intensivem Lebensmittelbedarf eine ziemlich hohe volkswirtschaftliche Bedeutung. Der Umtrieb ist 16—20 jährig. Kürzere Umtriebe gefährden infolge der öfteren Wiederkehr des Getreidebaues die Bodenkraft.

Drittes Kapitel.

Betriebsumwandlungen.

I. Allgemeines.

§ 30. Veranlassung zur Betriebsumwandlung, d. h. zu dem planmäßigen Uebergang von einer Betriebsart zur anderen, ist nicht selten gegeben. Die Gründe hierzu können sehr verschiedene sein. Sie liegen zum Teil in veränderten Interessen des Waldbesitzers (Anlage eines Wildparks usw.) oder in der Ueberzeugung von der höheren Leistungsfähigkeit einer Betriebsart gegenüber der bisher eingeführten in bezug auf Bodenpflege, Massen- und Wertserzeugung usf., vielfach auch in veränderten Marktverhältnissen, d. h. in der durch einen Umschwung auf dem Gebiete der Holzverwertung herbeigeführten veränderten relativen Wertschätzung der verschiedenen Forstprodukte. Hin und wieder zwingt auch die Unmöglichkeit, den zeitherigen Betrieb infolge Rückgangs der Bodenkraft oder infolge Auftretens schädlicher Einflüsse (Rauch) ferner beizubehalten, zur Betriebsumwandlung. Mithin sind es teils persönliche, teils sachliche Gründe, welche entscheidend werden. Letztere haben oft nur örtliche, manchmal aber mehr allgemeine Bedeutung, wie beispielsweise der Einfluß geringerer Absatzfähigkeit des Brennholzes, ebenso der Lohrinde infolge auswärtiger Konkurrenz usf. Ihren Zielpunkt finden fast alle bezüglichen Maßregeln in Herbeiführung einer höheren Rentabilität der Wirtschaft. Es ist aber, wie schon oben S. 43 hervorgehoben wurde, durchaus falsch, wenn man lediglich die ökonomischen Vorteile bei der Entscheidung der Frage, ob eine Betriebsumwandlung zweckmäßig oder notwendig ist, sprechen läßt. Die Umwandlung einer weniger rentablen Betriebsart in eine ökonomisch wertvollere ist immer nur dann gerechtfertigt, wenn die Ertragssteigerung nachhaltig ist, also nicht auf Kosten der Bodenkraft geschieht.

Am einschneidendsten wirken diejenigen Umwandlungen, bei denen eine Aenderung der Holzart und der Betriebsart zugleich in Frage kommen, während sich

---

1) Vgl. Bernhardt, Die Haubergswirtschaft im Kreise Siegen 1867. Strohecker, Die Hackwaldwirtschaft. 2. Aufl. 1867. Vogelmann, Die Reutberge des Schwarzwaldes. 2. Aufl. 1871.

jene Vorgänge verhältnismäßig einfacher abspielen, die entweder nur einen Holzartenwechsel oder nur eine Betriebsänderung darstellen. Je beträchtlicher zwei ineinander überzuführende Betriebsarten in ihrem Gesamtcharakter von einander abweichen, um so schärfer treten die den Uebergang vermittelnden Operationen zu Tage. In vielen Fällen kann nur ein allmähliches Aufgeben des bestehenden Betriebes Platz greifen. Wenigstens wird immer dann, wenn größere Wirtschaftsobjekte in Betracht kommen, jedes durch starke Sprünge sich äußernde Vorgehen ausgeschlossen werden müssen. Die Gründe hierfür liegen in den Rücksichten auf den Holzmarkt, auf das verfügbare Kulturmaterial, die erforderlichen Arbeitskräfte, auf nachhaltige Gestaltung der Holzabnutzung usw. Besonders dann, wenn die neu einzuführende und die bisherige Betriebsart in der Höhe der Umtriebszeit wesentlich von einander abweichen und mithin die vom Nachhaltsbetrieb geforderten normalen Holzvorräte ebenso große Unterschiede aufweisen, kann der Uebergang meist nur langsam und unter sorgsamster Abwägung aller begleitenden Umstände bewerkstelligt werden. Derartige Umwandlungen können nur unter Zugrundelegung eines die Entwickelung der Waldverhältnisse voraussehenden, langfristigen Umwandlungs- oder Betriebsplanes vorgenommen werden. Ohne Entwerfung eines solchen Planes lassen sich Umwandlungen in größeren Waldungen nicht mit der wünschenswerten Klarheit und Sicherheit durchführen. Waldbau und Forsteinrichtung haben hier gemeinsam zu operieren. Bei einzelnen Beständen, kleinen Parzellen unterliegt jedoch selbst ein plötzlicher Uebergang oft nicht dem mindesten Bedenken.

II. Umwandlungen innerhalb des Hochwaldbetriebes.

§ 31. A. Der Kahlschlagbetrieb soll verlassen werden:

1. Uebergang vom Kahlschlag zum Schirmschlagbetrieb.

Dieser Uebergang läßt sich, wenn die Holzart beizubehalten ist, in meist sehr einfacher Weise bewerkstelligen, indem man im haubaren oder nahe haubaren Bestand die natürliche Verjüngung (je nach Bedarf unter entsprechender künstlicher Beihilfe) mit ihren verschiedenen Hiebsführungen an Stelle des Kahlhiebs treten läßt. Im einzelnen können sich freilich mannigfaltige Modifikationen des Schemas ergeben. Zusammenfassen mehrerer Jahresschläge zum Periodenschlag wird erforderlich. Aenderungen der Umtriebszeit und im Gefolge davon des Normalvorrats bringt diese Ueberführung nicht grundsätzlich mit sich. Soll die Holzart wechseln, so muß künstliche Kultur (bisweilen durch Unterbau, z. B. Tanne unter Kiefer) eintreten.

2. Vom Kahlschlag zum Femelschlagbetrieb, femelartigen Betrieb und Femelbetrieb.

Die Umwandlung vollzieht sich im allgemeinen ähnlich wie die vorbesprochene. An Stelle gleichmäßiger Behandlung des ganzen Bestandes tritt der Horst oder die Gruppe, wodurch zunächst der Femelschlagbetrieb erreicht wird. Der Weg von diesem zum femelartigen Betrieb und schließlich zum eigentlichen Femelbetrieb ist leicht zu finden; doch wird man sich zumeist mit Beibehaltung einer der Uebergangsformen begnügen und nicht gerade dem reinen Femelwald zusteuern.

B. Ueberführung des Femelbetriebes in einen schlagweisen Betrieb.

Der betreffende Wirtschaftsplan muß zunächst die Bildung der Orts- und Bestandesabteilungen, sowie die Hiebszüge vorsehen, wobei die jeweilige Beschaffenheit der Femelbestände, die verschiedenartige Beteiligung und räumliche Gruppierung der Altersklassen zumal für die Uebergangszeit besonders zu beachten sind, damit der neue Zustand nicht mit zu großen Opfern erreicht wird. Die zuwachsärmsten Teile, sowie solche mit dem höchsten Durchschnittsalter kommen, soweit es die Schlagfolge zuläßt, in erster Linie zur Behandlung. Inzwischen muß der Gang der Durchhiebe in

den übrigen Teilen eine Minderung der Altersunterschiede anstreben.

C. Uebergang vom Schirmschlag zum Femelschlag oder Saumschlag und umgekehrt.

1. Die Ueberführung des Schirmschlags zum Femel- oder Saumschlag wird erreicht, indem man die Verjüngung nicht gleichmäßig über die ganze Bestandesfläche hin, sondern horst- und gruppenweise, bezw. streifenweise vom Rande herein einleitet und durchführt.

2. Vom Femelschlag zum Schirmschlag gelangt man durch allmähliches Verschwindenlassen der durch Altersunterschiede gekennzeichneten Gruppen und Horste.

D. Uebergang zum Kahlschlag.

Die vorhandenen Bestände, gleichgültig welcher Betriebsart sie angehören, werden schlagweise kahl abgetrieben, nachdem die Abgrenzung der Schlagflächen im Sinne der späteren Hiebsfolge geschehen ist.

Es leuchtet ein, daß fast alle diese Umwandlungen sich nicht ohne mancherlei Opfer in der Uebergangszeit vollziehen lassen. Vielfach werden Bäume und Bestände schon vor oder erst nach ihrer Hiebsreife genutzt. Es ist die Aufgabe der die Aufstellung des Umwandlungsplanes besorgenden Forsteinrichtung, durch Schaffung hinreichender Anhiebe und Wahl einer geeigneten Hiebs- und Verjüngungsfolge solche Verluste auf das geringste Maß zu beschränken.

III. Der Hochwaldbetrieb wird aufgegeben.

§ 32. A. Uebergang zum Niederwald:

Bei dieser in der forstlichen Praxis nur selten vorkommenden Umwandlung ist, wenn infolge Mangels ausschlagfähiger Holzarten gleichzeitig ein Wechsel in der Holzart eintreten muß, künstliche Bestandesbegründung nach vorausgegangener Abräumung des vorhandenen Bestandes unvermeidlich. Die Umwandlung erfolgt unter Zugrundelegung einer dem Niederwaldumtrieb entsprechenden Schlageinteilung. Soll insbesondere ein jährlicher Nachhaltbetrieb mit u-jährigem Umtriebe entstehen, so braucht man u Schläge, welche dann nach und nach in u Jahren umgewandelt werden.

Ist die gewünschte Holzart schon vorhanden (Eiche, Erle), so kann unter günstigen Verhältnissen die künstliche Kultur ganz entfallen. Die jüngeren noch gut ausschlagsfähigen Bestände werden auf dem Stock gesetzt. Bei älteren Beständen wird damit nicht Genügendes erreicht; künstliches Einbringen von Kernpflanzen zur Ausfüllung von Fehlstellen wird dann nicht zu umgehen sein[1]).

B. Uebergang zum Mittelwald:

Erfolgt, soweit das Unterholz in Betracht kommt, im ganzen nach gleichen Grundsätzen wie bei A. Wie rasch sich die einzelnen Oberholzklassen in der erforderlichen Art (nach Holzart, Menge, Verteilung usw.) herstellen lassen, ist von der Holzartenbeteiligung und der Betriebsform (gleichalterig oder ungleichalterig) im Hochwald abhängig. Soweit jüngere, gesunde und entwicklungskräftige Bäume, die zum Oberholz taugen, nicht vorhanden sind, lassen sich die Oberholzklassen erst nach und nach bei den späteren Unterholzabtrieben heranbilden. Nachhilfen durch Einbringen von Kernpflanzen zur Anzucht von Laßreisern und durch Auspflanzen von Fehlstellen mit Stummelpflanzen zur Anzucht von Unterholz werden meist notwendig sein.

IV. Niederwald oder Mittelwald ist in Hochwald überzuführen.

---

1) Vergl. die in § 68 zitierten Aufsätze von Osterheld über den Edelkastanienniederwald.

§ 33. A) Niederwald[1]):

Die Verschiedenheit der Umtriebszeit bedingt es, daß, wenn der Niederwald in einen Hochwald-Nachhaltbetrieb übergeführt werden soll, bedeutende Holzvorratsmassen angesammelt werden müssen, damit ein der gewählten Umtriebszeit entsprechender Vorrat vorhanden ist. Wird die Holzart beibehalten, so genügt das Aufhören mit den Niederwaldhauungen und das Fortwachsenlassen der Stockausschläge, welche entsprechend zu durchforsten sind. Allerdings ist hiermit eine Verzichtleistung des Waldbesitzers auf Erträge verbunden, die gemildert werden kann, wenn als Uebergangsstadium eine mittelwaldartige Form gewählt wird. Beim Hieb wird dann immer eine größere Anzahl von Laßreiteln übergehalten und so allmählich der Hochwald-Vollbestand angebahnt.

Soll ein teilweiser oder vollständiger Holzartenwechsel eintreten, so ist künstlicher Anbau erforderlich. Nach dem Abtrieb des Stockausschlages ist die neue Holzart in kräftigen Exemplaren, zweckmäßigerweise in Gruppen und Horsten, einzubringen und durch geeignete Bestandspflege vor dem Ueberwachsen durch die Stockausschläge zu schützen. Im einzelnen Falle, namentlich dann, wenn heruntergekommene Niederwälder in Nadelholz umgewandelt werden sollen, ist die Rodung der Laubholzstöcke eine zwar kostspielige, aber empfehlenswerte Maßnahme, um dem sonst unvermeidlichen Ausschneiden und Köpfen der sich vordrängenden Stockausschläge zu entgehen. Man kommt dann allerdings zur Kahlflächenkultur und zu reinen Beständen. Ist die Herstellung von Mischungen erwünschter oder die volle Beseitigung der Stöcke aus Gründen des Bodenschutzes (z. B. an Hängen) nicht zu empfehlen, so bleibt es Aufgabe einer sorgsamen Bestandspflege, den besseren Teil der Stockausschläge hoch zu bringen und Verdämmen der eingebrachten Nadelholzpflanzen zu vermeiden. Die Modifikationen der Ueberführung von Niederwald in Hochwald sind überaus zahlreich.

Die geringe Rentabilität des Eichenschälwaldes ist Veranlassung dazu, daß diese Betriebsform neuerdings vielfach in Hochwald und zwar auf allen geringeren Böden in Nadelholzhochwald übergeführt wird[2]).

B) Mittelwald[3]).

Soll ein solcher in einen Hochwald-Schlagbetrieb übergeführt werden, so ist es, je nach der Art und Beschaffenheit des Oberholzes, oft weniger die Menge, als die Verteilung der verfügbaren Holzmasse, welche geändert werden muß. Jede normale Betriebsklasse des schlagweisen Hochwaldbetriebes zeigt weit erheblichere Altersunterschiede ihrer Bestände, als sie im Mittelwald von Schlag zu Schlag vorhanden sind, wo sich alle analogen Glieder (Unterwuchs, einzelne Oberholzklassen) zweier in der Schlagfolge benachbarter Bestände je nur um 1 Jahr im Alter verschieben, so

---

1) Emmelhainz, Umwandlung der nassauischen Niederwaldungen. Ztschr. f. F.- u. Jw. 1902, 523, ebenda 1903, S. 619. — Kruhöffer, Die Ueberführung von Niederwald in Hochwald, Silva 1909, S. 681. — Petith, Die Ueberführung bezw. Umwandlung der Eichenschälwaldungen in Hochwald. Allg. F.- u. J.-Z. 1907, S. 272. — v. Fischbach, Ueberführung des Eichenschälwaldes zu rentableren Betrieben, Forstw. Zentralbl. 1898, S. 333.

2) Heyer, „Eichenschälwald-Umwandlungen im Odenwald" (Forstw. Zentralbl. 1902, S. 415).

3) Zu vergl. u. a. Böhme, „Ueberführung des Mittelwaldes in Hochwald" (Forstw. Zentralbl. von 1885, S. 332 ff.), woselbst für verschiedene Mittelwaldkategorien Spezialregeln angegeben werden. — Im sächs. Forstverein stand 1882 die Umwandlung rückgängiger Mittelwaldungen in Hochwald zur Debatte, ebenso auf der Deutschen Forstversammlung in Metz 1893, auf der Badischen Forstversammlung 1899, desgleichen auf der Thüringischen Forstversammlung 1909, desgl. auf der Versammlg. d. deutschen Forstvereins 1902 und 1907. — Weitere Literatur: Jäger, Vom Mittelwald zum Hochwald, 1889. — Brauns, Ueberführung des Mittelwaldes in Hochwald in der Oberf. Bischofsrode. Ztschr. f. F.- u. Jw. 1903, S. 530.

daß das Maximum des Unterschieds zweier Bestände gleich dem Unterholzumtrieb ist. Man wird der normalen Altersstufenordnung des Hochwaldes nur insoweit allmählich sich nähern, als es bei möglichst vorteilhafter Benutzung der verfügbaren Bestände erlaubt ist, damit die kritische Zeit der Ueberleitung keine Verluste bringt, welche den durch die ganze Manipulation erhofften wirtschaftlichen Gewinn in Frage stellen. Vermehrung des Oberholzes, Zurückdrängen des Ausschlagholzes ist allgemein erforderlich. Um die für den Hochwaldbetrieb erwünschte Altersstufenfolge in die Wege zu leiten, empfiehlt es sich, auf den verschiedenen Mittelwaldflächen teils die älteren, teils die mittleren und jüngeren Oberhölzer zu begünstigen. Die Art und Weise und die Menge, in welcher die verschiedenen Oberholzklassen auf dem einzelnen Schlage vertreten sind, werden hierfür den Wegweiser darstellen. Je oberholzreicher ein Mittelwald ist, um so leichter macht sich seine Ueberführung. Da die stärksten Oberholzklassen immer in der Minderzahl vertreten sein werden, wird bei der Ueberführung den jüngeren Oberhölzern die ausschlaggebende Bedeutung um so mehr zufallen, als ihre Ergänzung durch Ueberhalten zahlreicher Laßreitel möglich ist. Oberholzarme Mittelwaldungen bedürfen naturgemäß umfassender künstlicher Hilfe und werden am besten durch Ansaat oder richtiger durch Auspflanzen von Löchern und allmähliche Räumung der vereinzelten Oberständer in einen mehr horst- und gruppenweis zusammengesetzten, also plenterwaldartigen Hochwald übergeführt.

Der letztgenannte Weg kann besonders dann beschritten werden, wenn mit der Umwandlung in Hochwald zugleich ein vollständiger Holzartenwechsel beabsichtigt ist. In vielen Fällen wird dann der Kahlhieb am schnellsten zum Ziele führen, allerdings auch ohne Verzicht auf nachhaltige Erträge nicht ganz auskommen. Unter Umständen läßt sich die neu einzuführende Holzart — namentlich dann, wenn es sich um ein Schattenholz handelt — auch mittels Unterbau nach vorheriger entsprechender Schlagstellung einbringen.

Dritter Abschnitt.
Die Bestandesbegründung.

Der Abschnitt bespricht die Art, wie unter den verschiedensten Verhältnissen Bestände begründet werden. Demnächst hat die „Bestandeserziehung" (vierter Abschnitt) aus den Jungwüchsen haubare Bestände heranzubilden [1]).

Erstes Kapitel.
Allgemeine Gesichtspunkte.

1. Arten der Begründung und ihre wirtschaftliche Bedeutung.

A. Arten.

§ 34. Man unterscheidet natürliche und künstliche Bestandsbegründung. Bei jener ist das Kulturmaterial auf der Fläche bereits vorhanden oder wird von der Natur auf sie gebracht, während bei dieser menschliche Tätigkeit Samen bezw. Pflanzen herbeischafft und die sonst erforderliche Arbeit leistet. Die natürliche Bestandsbegründung vollzieht sich entweder durch Samen [2]) (durch Abfall desselben von Bäumen,

---

1) Bezüglich der Grenze zwischen Begründung und Erziehung der Bestände ist die Vorbemerkung zum vierten Abschnitt zu vergleichen.

2) Die aus den abgefallenen Samen entstandenen Jungpflanzen scheidet man nicht selten in Aufschlag und Anflug: Aufschlag sind im allgemeinen die aus schwereren, direkt herunterfallenden, flügellosen Samen gekeimten Pflanzen (Eiche, Buche etc.), während man die aus ange-

die auf oder neben der Fläche stehen) oder durch Ausschlag [1]) (Bildung von Wurzel-, Stock- oder Schaftlohden). Die künstliche Begründung erfolgt entweder durch Saat oder durch Pflanzung. Bei der Saat bleibt die aus dem Samen entstehende Pflanze auf ihrer Stelle, während bei der Pflanzkultur anderwärts erzogene Pflanzen Verwendung finden.

B. Wahl der Art der Bestandesbegründung.

Zunächst ist zu entscheiden, ob natürliche oder künstliche Verjüngung eintreten soll. Danach ist innerhalb dieser beiden Hauptgruppen von Verjüngungsmethoden die Auswahl im einzelnen zu treffen.

Die Entscheidung ist bedingt durch Standort und Holzart (cfr. erster Abschnitt), dann insbesondere durch den Wirtschaftszweck, durch das Verhältnis von Aufwand und Erfolg, für dessen Beurteilung sehr oft in erster Linie die Gewinnung der erforderlichen Arbeitskräfte ins Gewicht fällt, sowie durch den Umstand, ob auf der Fläche schon Wald vorhanden war oder nicht. In letzterem Falle kann, wenn man von der seltenen Möglichkeit einer Randbesamung (von seitlich stehenden Bäumen her) absieht, nur künstliche Bestandesgründung in Betracht kommen. Das gleiche gilt, wenn die Fläche zwar bereits mit Wald bestockt war, aber ein Holzartenwechsel beabsichtigt wird. So oft jedoch die nämliche Holzart auf einer Fläche nachgezogen werden soll, treten allgemein die natürliche und künstliche Bestandesbegründung in Konkurrenz. Beide werden unter Umständen vereint angewendet, indem durch künstliches Einbringen von Samen oder Pflanzen die auf natürlichem Wege bereits entstandenen oder noch zu erwartenden Jungwüchse vervollständigt werden.

Natürliche oder künstliche Bestandesbegründung?

§ 35. Wenn nicht bestimmte Ursachen die künstliche Begründung des neuen Bestandes fordern, kann und soll man die natürliche Verjüngung wählen. So lange man auf dem Wege, welchen die frei wirkende Natur einschlägt, das durch die Wirtschaft gesteckte Ziel genügend rasch und sicher erreichen kann, ist zunächst nicht abzusehen, weshalb man jenen Weg verlassen soll. Vor allem ist die Verschiedenartigkeit der Standortsverhältnisse bei der Wahl des Verjüngungsverfahrens sorgfältig zu beachten. Aber selbst wenn man erwägt, daß man, wie von vielen Seiten scharf betont wird, bei der natürlichen Verjüngung im allgemeinen am leichtesten für ununterbrochene rationelle Bodenpflege sorgen kann, daß sie auch die Begründung gesunder gemischter Bestände erleichtere, sowie die Starkholzzucht ohne Erhöhung der Umtriebszeit ermögliche, ergibt sich doch in vielen Fällen eine Entscheidung zugunsten der künstlichen Bestandesbegründung und zwar hauptsächlich nach Maßgabe folgender Erwägungen: a) die natürliche Verjüngung durch Ausschlag ist ausgeschlossen bei den Nadelhölzern. — b) Soll die natürliche Verjüngung bei irgend welcher Holzart durch Samen erfolgen, so muß eine je nach den Umständen größere oder geringere, jedenfalls genügende Anzahl von tauglichen Samenbäumen zu Gebote stehen, welche den Samen liefern. Man ist also an das Vorhandensein und das Samentragen dieser (der Mutterbäume) gebunden, und es leuchtet ein, daß durch Ausbleiben oder Fehlschlagen einer Mast Störungen im Verjüngungsbetrieb und Verzögerungen in der Schaffung junger Bestände veranlaßt werden können, welche unter Umständen den Gang der ganzen Wirtschaft beeinflussen, indem Abweichungen von der normalen Umtrieb. zeit, Ersatz eines an Haubarkeitsnutzungen zu liefernden Hiebsquantums durch Vorgriffe, stärkere Durchforstungen usw. notwendig werden. Sind auch solche Störungen im einzelnen meist nicht von Belang, so können sie sich doch

---

flogenen (leichten, geflügelten) Samen erwachsenden als Anflug bezeichnet. Die Trennung ist keine scharfe. Der Name „Anflug" wird vor allem für Nadelhölzer oft gebraucht.

1) Die Bestandesbegründung durch Ausschlag kann nicht wie die Bestandesbegründung durch Samen als „Begründung" im vollen Sinne angesehen werden. Es handelt sich bei ihr nur um Wiederverjüngung. Daß sie hier mit zur natürlichen Begründung gerechnet wird, entspricht nur dem allgemeinen Brauch.

in unangenehmer Weise häufen (mehrmaliges Vernichten der Blüte durch Frühjahrsfröste etc.), so daß die künstliche Verjüngung, in diesem Falle ein Kind der Not, einspringen muß. Kunstverjüngung kann auch als Folge von Kalamitäten wie Insektenfraß, Schneebruch, Sturm etc. notwendig werden, wenn solche den betreffenden Waldort in einem Stadium der Entwickelung treffen, in welchem er noch nicht verjüngungsfähig ist. Auch dann, wenn die erforderliche Zahl geeigneter Samenbäume infolge einer Kalamität verloren ging oder wenn bedeutende Einschlagmassen den normalen Fällungsgang stören und die zur Benutzung eines eintretenden Samenjahres notwendigen Maßnahmen unmöglich machen, kann die künstliche Bestandsgründung zweckmäßig oder notwendig werden. — c) Stehen, wie in der Regel, die Mutterbäume auf der Kulturfläche selbst, so beschatten bezw. überschirmen sie, nach Art, Zahl, Verteilung in verschiedenem Maße, die jungen Keimpflanzen. Wenn auch letzteren dadurch während ihrer ersten Jugendentwickelung meist ein nur wohltätiger, ja für manche Holzarten und in bestimmten Oertlichkeiten geradezu notwendiger Schutz gewährt wird, so können doch andere Holzarten (Lichthölzer) allgemein, andere in gewissen Lagen diese Beschirmung nicht oder nur kurze Zeit hindurch vertragen. Hieraus kann sich für eine Anzahl von Fällen [1]) die künstliche Verjüngung als Erfordernis ergeben.

Die Ansichten darüber, wie mit Rücksicht auf die Erfordernisse der einzelnen Holzarten die Grenzlinie zwischen natürlicher und künstlicher Verjüngung zu ziehen sei, gehen auseinander [2]). Daß Schattenhölzer allgemein durch Samenabfall, also natürlich verjüngt werden können, steht, entsprechende Bestandesbeschaffenheit, d. h. hinreichendes Alter, genügende Zahl und richtige Verteilung der Samenbäume, sowie gute Bodenbeschaffenheit vorausgesetzt, außer Zweifel; ebenso, daß diejenigen unter ihnen, welche in der Jugend gegen Frost und Hitze empfindlich sind und deshalb in der Regel eines Schutzbestandes bedürfen, meist mit dem größeren Vorteil auch wirklich natürlich verjüngt werden. Die künstliche Verjüngung dieser schutzbedürftigen Holzarten, z. B. der Buche oder Tanne, auf der Kahlfläche, event. auch unter Zuhilfenahme eines durch eine andere Holzart erst beschafften Schutzbestandes ist Ausnahme. Andererseits sind unbedingte Lichthölzer, wie Lärche, Kiefer, Eiche, von der natürlichen Verjüngung zwar keineswegs ausgeschlossen, verlangen aber auf allen nicht sehr frischen und kräftigen Böden eine so rasche Räumung der Mutterbäume, daß man mit ihnen bei künstlicher Verjüngung meist schneller und bequemer zum Ziele kommt. Eine Anzahl von Holzarten (Fichte, Esche, Erle, Ahorn) halten die Mitte und lassen sich je nach Lage der klimatischen und Bodenverhältnisse bald natürlich bald künstlich mit größerem Erfolg verjüngen. Je besser der Boden, um so eher ist im allgemeinen die natürliche Verjüngung durch Samen möglich, weil das geringe Schattenerträgnis der Lichthölzer in besseren Lagen durch die sonst guten Wachstumsbedingungen teilweise paralysiert wird (z. B. reichlicher Eschen- und Eichenanflug auf frischen, kräftigen Böden unter oft noch sehr dichtem Schirmdach der Mutterbäume). — Aehnlich erhöht größere Luftfeuchtigkeit (in der Nähe des Meeres oder sonstiger großer Wasserflächen, im Gebirge etc.) die Möglichkeit natürlicher Verjüngung. — Rauhe Lagen, steile Hänge, steinige Partien, Böden, welche bei Freistellung starken Unkrautwuchs erwarten lassen, fordern oft natürliche, nasse Orte meist künstliche Bestandesbegründung. Näheres bei Behandlung der einzelnen Holzarten, siehe 4. Kap. dieses Abschnittes.

d) Wie schon im 2. Abschnitt näher ausgeführt ist, wird die Art und Weise der Verjüngung meist schon von der gewählten Betriebsart vorgeschrieben. Der Kahlschlagbetrieb bedingt, abgesehen vom Falle der Randbesamung, die künstliche Verjüngung. Und da der Kahlschlagbetrieb ein Günstling der Forsteinrichtung ist, so unterliegt es keinem Zweifel, daß das Uebergewicht, das die Kunstverjüngung vielerorts über die Naturverjüngung aufweist, in vielen Fällen nicht auf waldbauliche Erwägungen, sondern auf das der Forsteinrichtung zugrunde liegende Prinzip zurückzuführen ist. Schirmschlag- und Femelschlagbetrieb und noch mehr Femelbetrieb,

1) Die Präzisierung derselben folgt aus dem 4. Kapitel dieses Abschnittes „Betriebsarten und Bestandesbegründung bei den einzelnen Holzarten".

2) Zu vergl. u. a. die Verhandlungen der Versammlung deutscher Forstmänner zu Frankfurt a. M. 1884 über das Thema: „Auf welchem Standpunkt befindet sich augenblicklich die Frage der natürlichen Verjüngung?" Versammlungsbericht bei Sauerländer, Frankfurt a. M. 1885

Niederwald und Mittelwald operieren meist mit Beschaffung ihrer Jungwüchse auf natürlichem Wege. — e) Als Vorzug der künstlichen Bestandesbegründung wird auch (insbesondere bei der Pflanzung) eine gleichmäßigere Verteilung der jungen Individuen auf der Fläche geltend gemacht, woraus sich dann auch eine gleichmäßigere und bei lichterem Stande raschere Entwickelung der Einzelstämme von Jugend auf ergibt. Bei der Naturverjüngung kann eine reiche Mast unter günstigen Verhältnissen zu dicht stehende Jungbestände schaffen, die, wenn sie nicht in ihrer Entwickelung sitzen bleiben sollen, schon frühzeitig kostspielige Maßnahmen der Bestandspflege, Verdünnungen durch Ausschneiden und Läuterungen notwendig machen. — f) Wer auf regelmäßige Mischungen Gewicht legt, wird auf dem Wege der künstlichen Verjüngungen solche weit eher herzustellen imstande sein als durch Naturverjüngung. — g) In hohem Maße entscheidet auch der Bodenzustand eines Bestandes über die Anwendbarkeit dieser oder jener Verjüngungsmethode. Die natürliche Verjüngung setzt einen solchen Zustand des Bodens voraus, daß das Ankeimen der Samen und das Weiterwachsen der Keimlinge möglich ist. Man bezeichnet diesen Bodenzustand als Bodengare und ist überall dort, wo diese Bodengare infolge starker Verunkrautung oder infolge von Anhäufung von Trockentorfmassen fehlt, nicht berechtigt, eine erfolgreiche Naturverjüngung ohne Maßnahmen der Bodenvorbereitung zu erwarten. Die Kunstverjüngung führt in solchen Fällen, trotzdem sie auch eine mehr oder weniger umfängliche Bodenbearbeitung nicht umgehen darf, oft schneller und sicherer zum Ziele als die Naturverjüngung. — h) Auch der Kostenaufwand ist in manchen Fällen (Waldfeldbau, arme Böden, seltene und nicht ergiebige Samenjahre, umfangreiche Nachbesserungen im Falle natürlicher Verjüngung etc.) bei künstlicher Kultur geringer, obwohl eingeräumt werden muß, daß im allgemeinen gerade im Sinne der Kostenersparnis die natürliche Bestandesbegründung den Vorzug verdient. Jede Kulturausgabe belastet den Bestand, mit Zins und Zinseszins bis zum Abtrieb anwachsend, derart, daß möglichste Ersparnis geboten ist. Erstmaliger Aufwand und Kosten etwaiger Nachbesserungen sind stets zu kombinieren. Entscheidend ist der vollkommene, nicht nur der erstmalige, oft nur vorübergehende Kulturerfolg.

Die Frage, ob künstliche oder natürliche Verjüngung, bedarf, wie aus vorstehenden Andeutungen hervorgeht, recht häufig der besonderen örtlichen Untersuchung, da uns die Zweifelsfälle, in welchen beide Arten möglich sind, in großer Zahl und vielseitiger Gestalt entgegentreten. Ausschlaggebend ist der nach jenen allgemeinen Gesichtspunkten unter gleichmäßiger Berücksichtigung aller konkurrierenden Momente zu bemessende wirtschaftliche Gesamteffekt. Oertliche Erfahrung ist für die Beurteilung höchst wertvoll, jedoch stehen unverkennbar Gewohnheit und durch sie bestärkte Vorurteile nicht selten sachgemäßen Aenderungen hindernd im Wege.

In bezug auf die allgemeinen Gesichtspunkte sei nur wiederholt daran erinnert, daß allein in der Durchführbarkeit einer natürlichen Verjüngung deren vollgültige Motivierung noch nicht liegen kann. Die natürliche Verjüngung darf vielmehr, um gerechtfertigt zu erscheinen, keinenfalls weniger leisten als die künstliche Bestandesbegründung, und als Maßstab dient die Gesamtwertserzeugung auf gegebener Fläche unter voller Berücksichtigung des Faktors „Zeit", bezw. Umtriebszeit. Dies sei hauptsächlich deshalb nochmals betont, weil neuerdings mehrfach für längeres Warten auf natürliche Besamung (bes. im Kiefernschirmschlag) plaidiert wird, indem für zeitweiliges Fehlschlagen der Verjüngung auf den Lichtungszuwachs am Oberstand als einen genügenden Ersatz hingewiesen wird. Ist dieses bewußte, lange Zuwarten gleichbedeutend mit Verlängerung der Umtriebszeit über die normale Dauer hinaus — ob die Umtriebszeit an sich hoch oder niedrig bemessen ist, kommt dabei nicht in Betracht —, so ist es allgemein zu verwerfen; denn ebensowenig, wie der Wald der Umtriebszeit wegen da ist, dürfen Ordnung, Uebersichtlichkeit und höchste Rentabilität, welch letztere mehr oder weniger immer nur bei einer bestimmten Höhe der Umtriebszeit erreicht wird, der natürlichen Verjüngung zuliebe geopfert werden. Wo diese gar nur zweifelhaften Erfolg verspricht, darf nicht bloß die künstliche Verjüngung unter Schirmstand, sondern auch der Kahlschlag in vielen Fällen die Konkurrenz ganz

beruhigt aufnehmen. Die Losung: „Fort mit jedem Kahlschlag!" ist jedenfalls als eine einseitige Auffassung waldbaulicher und gesamtwirtschaftlicher Verhältnisse anzusehen und beruht auf weitgehender Nichtbeachtung umfangreicher wirtschaftlicher Erfolge, wie sie tatsächlich mit dem Kahlschlage erzielt worden sind und noch erzielt werden!

C. Historisches.

§ 36. Im Hochwaldbetriebe hat die natürliche Verjüngung vielfach der künstlichen Bestandesbegründung, sowohl der Saat als der Pflanzung, weichen müssen und zwar auch in Fällen, in welchen natürliche Verjüngung recht wohl möglich ist. Der Grund liegt hauptsächlich in der relativ hohen Sicherheit vieler Methoden der künstlichen Verjüngung, sowie in dem Umstande, daß man bei der Kunstverjüngung den Vorgang der Bestandesbegründung unabhängig von dem mehr oder minder zufälligen Eintreffen gewisser Vorbedingungen (wie der Mast für natürliche Besamung, Vorhandensein eines wenigstens annähernd normalen Altholzbestandes usw.) in jedem beliebigen Zeitpunkte einleiten und durchführen kann. Dadurch wird bis zu einem gewissen Grade größere Regelmäßigkeit und Uebersichtlichkeit in dem ganzen Verjüngungsbetriebe gewährleistet und auch den Interessen der Forsteinrichtung am besten entsprochen. Insbesondere hat die Pflanzung bedeutend an Ausdehnung gewonnen.

Selbstredend ist die natürliche Verjüngung die älteste Methode der Bestandesbegründung. Bis in die zweite Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts findet man außer in den Fällen absoluter Notwendigkeit (Blösenanbau etc.) künstlichen Holzanbau nur wenig, hatte auch nach Lage der Umstände (Bedeutung der Jagd, niedrige Holzpreise usw.) keinen Anlaß, für Kulturen besondere Aufwendungen zu machen. Mit dem Vordringen des schlagweisen, zunächst des Femelschlag- und Schirmschlag-Betriebes an Stelle des reinen Femelwaldes kam die künstliche Kultur, wenn auch vorerst nur als Unterstützung der natürlichen Verjüngung, mehr und mehr in Aufnahme und erlangte endlich im Kahlschlagbetrieb die Herrschaft. Hierbei war es namentlich die schon angedeutete taxatorische Rücksicht, d. h. die Sehnsucht nach größerer Uebersicht und Ordnung in der ganzen Wirtschaft, die mehr als die rein waldbaulichen Erwägungen der Ausbreitung des Kahlschlagbetriebes und damit dem Vordringen der künstlichen Bestandsbegründung Vorschub leistete. Ueberhaupt hat die Forsteinrichtung nicht selten mehr, als ihr zukam, die Führung im Wirtschaftsbetriebe übernommen. Hier und da ist man in der Wertschätzung der künstlichen Bestandesbegründung ganz zweifellos zu weit gegangen. Man ließ sich vielenorts mehr und mehr zur bedingungslosen Verfolgung dieser einseitigen Richtung verleiten, so daß mancherlei wirtschaftliche Mißstände nicht ausbleiben konnten, und es ist wohl begreiflich, wenn man in den letzten Jahrzehnten vielfach um so entschiedener zur natürlichen Verjüngung zurückgekehrt ist. Daß wir uns in der Gegenwart einer der letzteren günstigen Strömung gegenüber befinden, erhellt schon aus der neueren Waldbauliteratur, aus den durch manche waldbauliche Werke (insbes. Gayers Waldbau, Borggreves Holzzucht, Wagners räumliche Ordnung u. a.) angeregten Debatten, sowie aus der Behandlung einschlägiger Probleme in einer großen Reihe von Forstversammlungen der letzten Jahrzehnte[1]). Selbstverständlich wird dem aufmerksamen Beobachter der Umschwung der Anschauungen auch im Walde vielenorts sofort erkennbar. Man hat sich aber davor zu hüten, daß man nicht aus

1) Vergl. Bericht über die XIII. Versammlung deutscher Forstmänner zu Frankfurt a. M. 1884 (Verlag von Sauerländer 1885), insbes. S. 48 ff Referat von Lorey über das Thema: „Auf welchem Standpunkt befindet sich augenblicklich die Frage der natürlichen Verjüngung?" Daselbst sind u. a. auch eine Anzahl Aeußerungen aus der neuesten Literatur, sowie aus Versammlungs-Verhandlungen angeführt.

einem Extrem ins andere fällt und soll namentlich auch nicht vergessen, daß die Verschiedenartigkeit der Wald- und Standortsverhältnisse beide Verjüngungsprinzipien nebeneinander zuläßt.

II. Reihenfolge der Kulturen.

§ 37. Passende Verteilung der einzelnen Kulturarbeiten auf die einzelnen Jahre und die in ihnen verfügbare Zeit ist erforderlich. Die Kürze der Kulturzeit, die Beschaffenheit des Kulturmaterials und die Rücksicht auf die Arbeitskräfte beschränken den Wirtschafter oft in seinen Dispositionen. Bei den Anordnungen über die Reihenfolge der vorzunehmenden Arbeiten kommt es darauf an, diejenigen zunächst zu bedenken, welche entweder an einen bestimmten Zeitpunkt gebunden sind oder sich als die für den Gesamtwirtschaftsbetrieb wichtigsten erweisen. Im allgemeinen gilt der Grundsatz, Nachbesserungen sobald als möglich vorzunehmen, da sie später meist nur mit größeren Kosten und oft nur mit geringerer Aussicht auf Erfolg ausgeführt werden können. Dasselbe gilt von der Einsprengung von Mischhölzern in die Schläge. Im übrigen ist denjenigen Kulturflächen, auf welchen Bodenverschlechterung zu befürchten ist, die nächste Sorge zuzuwenden, während außerdem solche Flächen baldmöglich mit einem vollkräftigen Bestande zu versehen sind, welche den größten Zuwachs versprechen, deren zeitweiliges Liegenlassen also den größten Verlust mit sich bringen würde. Eine den örtlichen Umständen entsprechende Verteilung der Arbeiten auf Herbst und Frühjahr ist besonders wichtig. Man beachte überdies, daß manche Holzarten (Lärche u. a.) verpflanzt sein sollten, bevor sie ihre Knospen öffnen, während mit anderen (Fichte) noch ohne besonderen Nachteil kultiviert werden kann, nachdem sie schon kleine Triebe gebildet haben [1]). Im allgemeinen stellt man im Frühjahr gern die Pflanzungen den Saaten voran.

Zweites Kapitel.

Natürliche Bestandesbegründung.

Vorbemerkung. Die allgemeinen Gründe für und gegen natürliche Verjüngung sind im ersten Kapitel dieses Abschnitts zu I, B, § 35 angegeben worden. Die Vorfrage lautet immer: ist die Bestandesbegründung auf natürlichem Wege überhaupt möglich? Aus der Bejahung folgt dann aber noch keineswegs, daß sie auch rätlich ist. Die Naturverjüngung etwa durch überlanges Abwarten erzwingen zu wollen, ist ein ebenso großer Fehler, wie der Verzicht auf sie in Fällen, wo sie uns ohne besondere Kosten einen guten Nachwuchs oder gar Bestände liefert, welche den auf andere Weise begründeten überlegen sind.

Ein Hapterfordernis für das Gelingen der natürlichen Verjüngung ist neben dem Vorhandensein von Samenbäumen, Samenjahren und geeignetem Bodenzustand die Einleitung der Verjüngung zur richtigen Zeit. Eine zu frühe Verjüngung ist unzweckmäßig, weil die Mutterbäume, solange sie noch nicht im Vollbesitz der Mannbarkeit sich befinden, schwach und unregelmäßig fruktifizieren. Wird die Verjüngung erst im überhaubaren Alter eingeleitet, so bietet teils die dann im Verein mit räumlicherer Stellung der Mutterbäume meist eingetretene Bodenverwilderung ein mechanisches Hindernis für normale Verjüngung, teils erzeugen die Mutterbäume nicht mehr den vollwertigen Samen, den sie im Optimum ihrer Mannbarkeit — bei Eiche und Buche im Alter von 80—120 Jahren, bei Fichte und Kiefer zwischen 60—100 Jahren — erzeugten. Der Samen wird im höheren Alter vielmehr kleiner und leichter. Jedoch ist das Zurückgehen der Samengüte in allen klimatisch günstigen Standortsverhältnissen praktisch ziemlich bedeutungslos, da hier auch im höheren Alter

1) Vergl. Dr. Walther, „Wann sollen wir die Nadelhölzer verpflanzen?“ Allg. F.- u. J.-Z. 1887, S. 112 ff.

noch durchaus brauchbarer Samen erzeugt wird. Viel wichtiger für den Erfolg der Verjüngung ist der Bodenzustand, und dieser verlangt, weil er im höheren Alter durch stärkere Unkrautdecken oder Anhäufung nur langsam sich zersetzender Streumengen schlechter wird, die Einleitung der Verjüngung zur richtigen Zeit d. h. im allg. im früheren, nicht zu hohem Alter des Bestandes.

A. Natürliche Verjüngung durch Samen.

I. Kahlschlag mit Randbesamung.

§ 38. Die Mutterbäume, in geeigneter Zahl und Beschaffenheit, insbesondere also im samenfähigen Alter, stehen seitlich an der Verjüngungsfläche. Man erwartet das Ueberfliegen der Samen auf diese, was aber nur für leichte, besonders für beflügelte Samen (Nadelhölzer, Ahorn, Esche, Hainbuche), mit hinreichender Sicherheit zu unterstellen ist. Ueberdies dürfen jedesmal nur schmale, 1—2 Stammlängen breite Absäumungen am Rande des Samenbestandes (in der Windrichtung, damit der Samen vom Winde der Kahlfläche zugetragen wird; am Hang womöglich von oben nach unten) stattfinden. Meist gelingt die Ansamung nicht vollständig und gleichmäßig; man muß entweder längere Zeit warten oder — und das ist das Richtigere — die Fehlstellen mittels künstlicher Kultur nachbessern. Schwierigkeiten entstehen durch inzwischen angesiedelte Unkräuter, Stockausschläge usw. Man findet diese Art der Verjüngung hier und da in kleinem Umfange mit Erfolg durchgeführt, wenn die Erfahrung ihre Zulässigkeit nachgewiesen hat oder wenn die Umstände den Aufwand für künstliche Kultur nicht gestatten, während man doch (etwa aus Rücksichten der Holzbringung) von dem Kahlhieb nicht absehen möchte. Größere Bedeutung kommt dieser Art der Verjüngung nicht zu.

Als ein Spezialfall der Randbesamung sind die sog. Kulissenhiebe zu betrachten, bei welchen zum Zweck der Verjüngung streifenweise abwechselnd 10—30 m breite Kahlhiebe geführt und Bestandesteile von gleicher oder doppelter Breite dazwischen stehen gelassen werden. Von letzteren ausgehend soll die Besamung der Kahlstreifen stattfinden. Daß dies, wenn Samenjahre und günstige Witterung zu rechter Zeit eintreten, sowie Unkrautwuchs, Bodenverödung etc. nicht hinderlich wird, mit Erfolg geschehen kann, wird durch die Erfahrung bestätigt. Ebenso sicher ist aber auch, daß die geschlossen bleibenden Bestandespartien, welche mit Rücksicht auf die Bewegung des Samens meist mit der Breitseite dem Winde entgegenstehen, oft der Sturmgefahr preisgegeben und überdies in sich zunächst nicht mit den Bedingungen einer guten Naturbesamung ausgestattet sind. Selbst wenn man, um gleichzeitig mit der von ihnen ausgehenden Randbesamung für sie selbst zu sorgen, einen normalen Samenschlag auf ihnen stellt, ist das Resultat ungewiß. Erfahrungsgemäß verhagert und verunkrautet der Boden unter dem Einfluß von Wind und Sonne an den Rändern der bestandenen Streifen. Kommt nun hinzu, daß tatsächlich die Kulturerfolge mittelst der Kulissenhiebe auch bezüglich der Kahlstreifen vielfach nicht befriedigen (Mangelhaftigkeit insbes. an den Rändern, Holzabfuhr, Insekten usw.), so bleibt ein Grund so zu verfahren, kaum übrig; man geht vielmehr besser entweder vollständig zur Freikultur oder zur Samenschlagstellung für die ganze Fläche über.

Mit anderen hat namentlich Borggreve — Holzzucht, 2. Aufl. S. 186 ff. — auf Grund der Beobachtung, daß eine Zeit lang in den norddeutschen Kieferebenen dem Kulissenhieb in der Praxis der Kiefernverjüngung mehrfach in größerem Umfang Raum gewährt wurde, sehr energisch gegen ihn Front gemacht. — Zu vergleichen übrigens Danckelmanns Bemerkungen hierzu, Zeitschr. f. F.- u. Jagdwesen, S. 66 ff. von 1887. —

Der Kampf gegen die Kulissenschläge wird nicht sowohl in erster Linie gegen die vorstehend geschilderten Hiebsführungen unternommen, bei welchen ausschließlich oder doch ganz vorwiegend durch Randbesamung die Wiederbestockung erwartet wird, sondern allgemein gegen das Prinzip derartiger Wechselstellung von Kahlfläche und Bestandesstreifen, also insbes. auch dann, wenn, wie in der Mehrzahl der Fälle, künstliche Kultur, z. B. Pflanzung mit 1jährigen Kiefern auf vielen preußischen Kulissenschlägen (Regierungsbezirk Bromberg), alsbald erfolgt. Von anderer Seite werden die Kulissenschläge in Schutz genommen, wenigstens für bestimmte Verhältnisse (cfr. Hollweg in der Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1901, S. 323 ff.). Wenn nun auch die Kulissenverjüngung durch künstliche Kultur eigentlich an anderer Stelle besprochen werden sollte, so möge doch die ganze Kulissenfrage hier ihre Er-

ledigung finden. Es handelt sich zumeist um Kulissen im Kiefernwald der norddeutschen Ebene, auf ärmeren Sandböden, oft bei sehr geringen atmosphärischen Niederschlägen, bei großer Ausdehnung der zu verjüngenden Flächen, woselbst mit großen, weithin sich erstreckenden Kahlschlägen oft schlechte Erfolge erzielt worden sind Hier hat man (zumal in 1883 bis 1897) vielfach, nach sorgfältig erwogenem Plane, 40—70 m breite Kulissenhiebe geführt und die Flächen bepflanzt, da auf durchgehends natürliche Verjüngung der Schläge nicht zurückgegriffen werden sollte. Einige Wuchsbehinderung durch Beschattung und Rückstrahlung an den Rändern sei zwar erfolgt; Randlichtung mindert diese Schädigung. Schütte, Insektenschäden, Windwurf seien nicht gesteigert, auch Fällungsschwierigkeiten ergeben sich nicht; vielfach seien einwandfreie Jungwüchse entstanden.

Aus diesen Andeutungen ergeben sich ganz klar die einzelnen Einwendungen, welche (zum Teil auch oben schon) gegen die Kulissenhiebe erhoben werden. Als allgemein anzuwendende Form der Verjüngung kann man sie um so weniger empfehlen, da man mit Schmalschlägen, über welche später (unter der Rubrik „Kahlschlagbetrieb") zu sprechen ist, in vollkommen wirksamer Weise den Nachteilen großer Kahlhiebe vorbeugen kann.

II. Die Mutterbäume stehen auf der Verjüngungsfläche.

§ 39. 1. Allgemeines. Die Mutterbäume dienen nicht nur der Begründung des neuen Bestandes durch ihren Samenabfall, sondern beschirmen auch den Jungwuchs. Wesentlich von dem Einfluß dieser Ueberschirmung hängt es ab, ob man die Eigenschaft der Altholzstämme, Samen auszustreuen, mit mehr oder weniger Erfolg bei der Begründung des neuen Bestandes benutzen kann. Der Einfluß der Ueberschirmung[1]) macht sich teils im und am Boden, an dessen Feuchtigkeits- und Wärmeverhältnissen und an dessen äußerem Zustand bemerkbar, teils trifft er die den Boden bekleidenden Pflanzen, in Sonderheit also auch die Holzpflanzen, deren Nachzucht wir beabsichtigen. Ueberdies wird auch das Tierleben auf der Kulturfläche durch das Vorhandensein eines Kronenschirms von Mutterbäumen berührt.

1. Der Boden. Im großen und ganzen ist der Einfluß der Ueberschirmung günstig, es sei denn in sehr nassen Lagen, deren Wasserüberschuß beseitigt werden muß. In Betracht kommen hauptsächlich die Wirkungen der Sonne, der atmosphärischen Niederschläge, der Winde, und zwar sämtlich in bezug auf Bodenwärme und Bodenfeuchtigkeit und damit im Zusammenhang auf Humuszersetzung usw. Der Kronenschirm der Mutterbäume hält die Sonnenstrahlen vom Boden ab und schützt ihn vor intensiver Erwärmung und Austrocknung. Weiterhin wird durch die Baumkronen ein Teil der atmosphärischen Niederschläge vom Boden ferngehalten. Der Zutritt des Windes zum Boden wird gehemmt, sodaß diesem die Feuchtigkeit besser bewahrt bleibt.

2. Die jungen Holzpflanzen. Zu Sonne, Niederschlag und Wind gesellen sich als wirkende Faktoren die Wärmeausstrahlung gegen den Luftraum, der Anspruch des Oberstandes an das Nährstoffkapitel des Standorts, die Unkräuter und die Tiere. a) Die Sonne wirkt durch Licht und Wärme. Wie sich diese beiden in die Gesamtleistung teilen, ist noch nicht genügend aufgeklärt. Jedenfalls kommt aber in physiologischer Beziehung dem Licht ein ganz hervorragender Anteil an der Sonnenarbeit zu. Im Licht, wenn auch nicht im direkten Sonnenlichte, sondern vielmehr im zerstreuten (diffusen) Lichte, wachsen unsere Holzpflanzen sämtlich besser als im Schatten oder Halbschatten, vorausgesetzt, daß alles zu ihrer freudigen Entwickelung Nötige vorhanden ist. Namentlich muß der Boden hinreichend frisch sein, damit den im höheren Licht- und Wärmegenuß stärker verdunstenden Holzpflanzen die nötige Feuchtigkeit nicht fehlt, um die austrocknende Wirkung

1) Zu vergl. Borggreve, „Holzzucht", 2. Aufl. S. 118 ff. Daselbst findet sich eine sehr vollständige Andeutung der Einzelmomente, welche zur „Gesamtwirkung der Beschirmung" zusammentreten. Der Vielgestaltigkeit der Kombinationen gegenüber ist eine allseits erschöpfende Behandlung kaum denkbar. Immerhin lassen sich gewisse, stets wiederkehrende und allgemein festzuhaltende Gesichtspunkte unschwer gewinnen.

der Sonnenwärme auszugleichen. Je lichtbedürftiger eine Holzart ist, um so weniger lange verträgt sie, wie schon im allg. Teil S. 17 näher ausgeführt ist, Ueberschirmung. b) Wenn die atmosphärischen Niederschläge den Holzpflanzen durch den Kronenschirm zum Teil entzogen werden, so ist diese Wirkung nicht unter allen Umständen eine nachteilige, sie kann vielmehr in längeren Regenzeiten oder auf kalten, undurchlassenden Tonböden als eine günstige angesehen werden. Immerhin aber muß in sehr vielen Fällen, in welchen die Rätlichkeit einer natürlichen Verjüngung bezweifelt wird, wie z. B. für die Kiefer auf Sandboden, die Zurückhaltung der atmosphärischen Niederschläge durch die Baumkronen zu den bedenklichen Umständen der Ueberschirmung gerechnet werden. Entscheidend ist der Wasserbedarf der nachzuziehenden Holzart und hier wieder die Frage, ob in den kritischen Zeiten längerer Trockenheit überhaupt nur durch einen Schirmstand oder in welchem Maße etwa durch einen solchen besser für die Erhaltung der nötigen Feuchtigkeit gesorgt wird. Daß im allgemeinen unter einem noch nicht sehr stark gelichteten Kronenschirm der Mutterbäume mehr Feuchtigkeit verfügbar und damit die Gefahr durch Trockenheit geringer ist, darf als erfahrungsmäßig feststehend betrachtet werden. c) Der Wind wirkt austrocknend auf den Boden und wird, wie schon oben erwähnt, durch eine teilweise Ueberschirmung am Geltendmachen dieser unerwünschten Wirkung gehindert. Ebenso schützt Ueberschirmung auch vor dem namentlich im Laubholz bemerkbar werdenden Verwehen des Laubes. d) Die Wärmeausstrahlung kommt einmal in Betracht wegen der Spätfröste (klarer Himmel, ruhige Luft), sodann wegen der Taubildung. Die Wirkung des Kronenschirms ist ersteren gegenüber unzweifelhaft günstig, wogegen die Beeinträchtigung der Taubildung nachteilig ist. Für viele Fälle bedeutet die Verminderung der Wärmeausstrahlung durch den Schirm der Mutterbäume und die damit zusammenhängende Zurückhaltung von Spätfrostschäden ein außerordentlich wichtiges Moment. Eine der übelsten Jugendkrankheiten der Kahlschlagkulturen, die den Wirtschafter hin und wieder, beim Anbau der sog. Frostlöcher, zur Verzweiflung bringen kann, wird durch die Verjüngung unter Schirm gemindert, wenn nicht ganz aufgehoben. e) Die Beteiligung der Mutterbäume und andererseits der Forstunkräuter am Nährstoffkapital des Bodens (Wurzelkonkurrenz) muß, sobald eine gewisse Grenze überschritten wird, den jungen Holzpflanzen nachteilig werden. Geht man davon aus, daß der noch geschlossene Altbestand alles, was an Nährstoffen verfügbar ist, für sich ausnutzt, so gestattet erst eine Durchlichtung desselben die Entwickelung eines Jungwuchses. Für dessen Entstehung und Ernährung genügt zunächst eine sehr mäßige Schlußunterbrechung. Unterbleibt dann aber eine weitere Auflockerung des Schirmbestandes, so geht der Jungwuchs wieder ein, er vermag sich im Existenzkampf mit den Wurzeln der Schirmbäume um so weniger zu behaupten, als letztere auch durch Kronenverdichtung und Kronenausbreitung dem Jungwuchs den notwendigen Lichtgenuß verkürzen. Neben der Wurzelkonkurrenz der Mutterbäume kommt für den Jungwuchs weiterhin die Konkurrenz der Forstunkräuter in Betracht, die bei jeder stärkeren Lichtung, auf gutem wie auf schlechtem Boden, leicht bedenklich werden können. Durch Beschirmung lassen sich viele von ihnen, in erster Linie alle lichtbedürftigeren, bekämpfen. Die schädigende Wirkung der Unkräuter beruht außer auf Inanspruchnahme der Nährstoffe und insbesondere der Feuchtigkeit des Bodens, auch auf Beschattung (Verdämmung) der Holzpflanzen. In welchem Maße das eine oder das andere der Fall ist, läßt sich überhaupt nicht und am wenigsten allgemein angeben. Je nach der Art und Menge kann das Unkraut auch nützlich wirken, insofern es die Holzpflanzen vor Frost, Austrocknung etc.

schützt. f) Bezüglich schädlicher Tiere ist an die durch Ueberschirmung geminderte (event. verhütete) Gefahr durch Mäuse, Engerling, Rüsselkäfer zu erinnern. Bodenfrische unter dem Schirm von Mutterbäumen fördert, wenn die nötige Wärme nicht fehlt, die regelmäßige Streuzersetzung, die höchst wirksame Arbeit der Regenwürmer usw.

Aus den vorstehenden Andeutungen geht hervor, daß der Kronenschirm der Mutterbäume im großen und ganzen bezw. in den weitaus meisten Fällen der Entwickelung des Jungwuchses förderlich ist. Leitet man hieraus ab, daß die natürliche Verjüngung die Regel zu bilden habe, so ist das waldbaulich richtig, schließt aber nicht aus, daß in zahlreichen Fällen die Verjüngung unter Schirm nicht so viel leistet wie die Verjüngung auf freier Fläche, wo vermehrte Niederschläge, Taubildung, Licht und Wärme im speziellen Falle günstig wirken. Man hat also zu erwägen, welche Momente jeweils in dem allein entscheidenden Gesamteffekt der Beschirmung, in dem die vielgestaltigsten Einzelwirkungen vereinigt sind, nach Lage der Umstände voraussichtlich die wichtigsten sein und einen vorwiegenden Einfluß äußern werden.

Die ganze Frage ist, wie S. 63 schon angedeutet wurde, überhaupt nur hinsichtlich eines Teils unserer Holzarten eine kritische, sofern bei Tanne und Buche kaum jemand ohne Not von der natürlichen Verjüngung Abstand nehmen wird, während man manche andere Holzarten, zumal so entschieden lichtbedürftige wie die Lärche, meist durch Pflanzung an die Orte bringen wird, wo man ihrer bedarf. Auch die Eichen, Esche, Ahorne sind keine für die allgemeine Entscheidung — pro oder contra natürliche Verjüngung — maßgebenden Holzarten, schon wegen des im ganzen nicht großen Gebietes, in welchem sie wirklich in der Wirtschaft führende Holzarten sind. Dagegen ist bei der Fichte die Frage zweifelhaft. Bei dieser Holzart hat man vielfach die Möglichkeit der natürlichen Verjüngung, und, wo man von ihr abgeht, könnte die Angabe der Gründe dafür gefordert werden. Die weitaus erheblichsten Bedenken aber gegenüber der auf natürliche Verjüngung gerichteten Forderung treten uns bei der Kiefer entgegen, deren Jungwüchse im allgemeinen keines besonderen Schutzes gegen Frost und Hitze bedürfen und sich im vollen Lichtgenuß unzweifelhaft freudiger entwickeln als unter einem nur einigermaßen dichten Kronenschirm. — Alles Nähere über die einzelnen Holzarten im 4. Kapitel dieses Abschnittes.

Die natürliche Verjüngung durch einen auf der Fläche stehenden Mutterbestand scheidet sich in die vier charakteristischen Formen des Schirmschlagbetriebes [1]), Femelschlagbetriebes, Saumschlagbetriebes und Femelbetriebes.

Die Charakteristik dieser vier Betriebsarten findet sich im II. Abschnitte. Es sei hier nochmals kurz hervorgehoben, daß der *Schirmschlagbetrieb* die Verjüngung auf größerer Fläche gleichzeitig und gleichmäßig in Angriff nimmt und womöglich (grundsätzlich wenigstens) mit Hilfe einer einzigen Mast durchführt, so daß ein gleichalter und gleichartiger Jungbestand ersteht. Der *Femelschlagbetrieb* schafft zunächst über die zu verjüngende Fläche hin zerstreute Verjüngungszentren, verjüngt diese durch noch nicht angegriffene Teile des Altbestandes getrennten Partien zuerst und schreitet von ihnen aus allmählich unter Benutzung einer Reihe aufeinanderfolgender Samenjahre vor, indem er die Verjüngungszentren ringsum erweitert, stets neue Angriffspunkte einschaltet und so nach und nach den ganzen Bestand aufrollt. Der Benutzung verschiedener Masten entsprechend ist der Jungbestand aus ungleichaltrigen Gruppen und Horsten zusammengesetzt, die, dem Verjüngungsgange gemäß, nicht mit steilen Rändern aneinanderstoßen, sondern gewissermaßen ineinander überfließen sollen. Der *Saumschlagbetrieb* stellt

1) Femelschlagbetrieb *Heyers*; cfr. S. 41.

einen streifenweise vom Rande aus nach dem Bestandsinnern vorrückenden Schirmschlag- bezw. Plenterschlagbetrieb dar. Im Femelwalde endlich stehen alle Altersklassen auf der Flächeneinheit untereinander, die Verjüngung knüpft sich jeweils an den Aushieb einzelner Stämme bezw. Gruppen von solchen. Bis alle Teile des Bestandes durch neue ersetzt sind, vergeht die ganze Umtriebszeit. Alle Samenjahre während derselben tragen durch Lieferung von Jungwüchsen zur Bildung des neuen Bestandes bei; dieser enthält somit wiederum alle Altersklassen.

§ 40. 2. Die Verjüngung im Schirmschlagbetrieb. Bei schulgerechter Ausführung des Schirmschlagbetriebes unterscheidet man das Vorbereitungs-, das Samenschlag- und das Lichtungsstadium. Das Vorbereitungsstadium beginnt in dem Moment, wo in dem bis dahin mehr oder weniger regelmäßig durchforsteten Vollbestande zum Zwecke der Herstellung günstiger Verjüngungsverhältnisse eine stärkere Kronendurchlichtung erfolgt. Die hierzu notwendigen Eingriffe in den Bestand heißen Vorbereitungsschläge, Vorbereitungshiebe, Vorhiebe oder Vorlichtungen; sie können in der Ein- oder Mehrzahl erfolgen. Als Samen- oder Besamungsschlag bezeichnet man den unmittelbar zum Zwecke der Besamung im Samenjahre stattfindenden Eingriff in die Bestandsmasse. Das Lichtungsstadium endlich umfaßt die nach eingetretener Besamung auf schnellere oder langsamere Entfernung der Mutterbäume gerichteten Licht-, Auslichtungs- oder Nachlichtungshiebe, deren letzter, der Räumungsschlag, die letzten Mutterbäume entnimmt und den verjüngten Bestand allein zurückläßt. Bei der Schirmschlagverjüngung geht man von einem bestimmten Jahre aus, in welchem man die Verjüngung wünscht[1]). Die zum Zweck der Verjüngung auszuführenden Maßnahmen umfassen eine Reihe von vor und nach diesem Zeitpunkt liegenden Jahren, welche man in ihrer Gesamtheit den ,,Verjüngungszeitraum" nennt. Der erste Eingriff in den Bestand, welcher unmittelbar dazu bestimmt ist, die Verjüngung einzuleiten, bezeichnet den Anfangs-, der Hieb des letzten Mutterbaumes den Endpunkt jenes Zeitraums. Die Fällungen während desselben erstrecken sich auf haubares Holz. Der Verjüngungszeitraum ist je nach den örtlichen Bedingungen bald länger bald kürzer. Seine Dauer wird teils durch die Häufigkeit der Mastjahre (Fruchtbarkeitszeitraum), namentlich aber durch die Länge der Zeit, während welcher der Jungwuchs des Schutzes der Mutterbäume bedarf, bestimmt; er kann sich so lang erstrecken, als der Nachwuchs die Ueberschirmung durch die Mutterbäume, ohne Not zu leiden, noch verträgt. Eine Ausdehnung des Ueberhaltens von Mutterbäumen über das den besten Verlauf des Verjüngungsprozesses garantierende Maß hinaus findet ihre Begründung, wo sie beliebt wird, außerhalb des Gebietes des Waldbaues (z. B. längerer Bezug eines Lichtungszuwachses an den Mutterbäumen, Verteilung der Fällungen, Ausstattung der Perioden etc.). Diejenige Holzart, bei welcher sich der scharf ausgeprägte Schirmschlagbetrieb — in Bayern neuerdings vielfach ,,Dunkelschlagbetrieb" genannt — am häufigsten findet, ist die Rotbuche.

a) Vorbereitungsstadium. Der Uebergang aus den Durchforstungen in den Vorbereitungshieb, bezw. in die Vorbereitungshiebe — denn sehr oft, ja meist werden die bezüglichen Fällungen nicht auf einmal vorgenommen — kann ein all-

1) Daß diese tatsächlich nicht immer gerade in diesem einen Jahre, sondern bald etwas früher, bald etwas später erfolgt, und daß man nicht auf das Einzeljahr, sondern auf einen durch örtliche Erfahrung bekannten, bald längeren bald kürzeren Zeitraum, innerhalb dessen man durchschnittlich eine genügende Mast erwarten darf, alle auf die Verjüngung abzielenden Operationen einrichtet, bedarf kaum der Erwähnung. Für die Darstellung des normalen Verlaufs darf man aber anstandslos alles auf das normale Besamungsjahr beziehen.

mählicher sein. Manchmal wird er durch stärkere Durchforstungen bezw. Lichtungshiebe so vermittelt, daß eine Grenze zwischen den Maßnahmen der Bestandspflege und den auf Verjüngung abzielenden Eingriffen gar nicht zu finden ist. Wo man bei der Bestandspflege die in der Gegenwart mehr und mehr vertretenen Grundsätze der schärferen Durchforstung beobachtet, entfällt die Notwendigkeit besonderer Vorbereitungshiebe. Die Besamung vollzieht sich in solchen Beständen, wie man zu sagen pflegt, „aus vollem Orte". Ueberhaupt ist die Vorbereitung keineswegs immer notwendig. Holzarten, die sich im späteren Alter sowie so licht stellen, machen Vorbereitungshiebe meist entbehrlich. Der Zweck des Vorbereitungshiebs ist, die für die Besamung besten Bedingungen herzustellen und zwar sowohl auf dem Boden wie im Bestand. Der letztere soll so beschaffen sein, daß er im Moment der Besamung nicht nur das erforderliche Material an Mutterbäumen, sondern auch eine solche Anzahl von Stammindividuen enthält, wie sie für den dem Boden und demnächst dem jungen Aufschlag zu gewährenden Schutz nötig ist. Die auf Herbeiführung dieses Bestandeszustandes gerichteten Fällungen abzuschließen, ist später die Aufgabe des Besamungsschlages. Die Vorhiebe bereiten dort, wo die vorhergehenden Bestandspflegemaßregeln nicht hinreichend genug waren, den Besamungsschlag vor, indem sie durch allmähliche Durchlichtung des Kronenschlusses teils eine stärkere Kronenentwickelung, teils erhöhten Zuwachs, reichliches Fruchttragen, sowie größere Standfähigkeit der stehenbleibenden Stämme zu bewirken suchen. Hierbei ergreift der Hieb, ohne größere Löcher zu schaffen, zuerst solche Holzarten, welche zur Besamung nichts beitragen sollen, z. B. Hainbuchen in Mischbeständen mit der Rotbuche, wenn man demnächst keine oder nur wenige Hainbuchen im Jungwuchse wünscht. Außerdem werden schon beim Vorbereitungshieb fehlerhafte Stämme, wie tief gegabelte, drehwüchsige, ferner, soweit tunlich, überalte, schwere Stämme entfernt, welche für eine gleichmäßige Schlagstellung stets hinderlich sind und überdies, wenn ihr Aushieb erst stattfindet, nachdem die Besamung bereits erfolgt ist, durch ihren Fall, durch das Aufarbeiten und Anrücken oft schwere Beschädigungen der Jungwüchse herbeiführen. Die Besamung hat in der Hauptsache von den Stämmen der kraftvollen, normalen, mittleren Klassen auszugehen. Schwaches, besonders unter- und zwischenständiges Material ist, soweit es nicht etwa durch zu dichten Stand die Besamung beeinträchtigt, zu erhalten, weil es meist zur Schaffung eines Schirmdaches trefflich geeignet ist und auch später noch, ohne besondere Gefährdung des Aufschlags durch die Fällung, leicht ausgezogen werden kann. Auch im Sinne gleichmäßiger Verteilung der Fällungen, der Etatserfüllung, wenn die Mast fehlschlägt usw., sind die Vorbereitungshiebe äußerst schätzenswert, indem sie dann vielleicht weiter ausgedehnt werden können und durch ihren Holzanfall zur Ertragsausgleichung dienen. Sie sichern in solchen Fällen eine gewisse Beweglichkeit der Wirtschaft.

Gleichzeitig soll durch die Vorhiebe, wie oben schon angedeutet wurde, eine Wirkung auf den Boden ausgeübt werden, da sich eine Unterbrechung des Kronenschlusses stets durch Veränderungen im Zustand der Bodenoberfläche (raschere Zersetzung der Streuschicht, Begrünung) kennzeichnet. Hierin liegt sogar der Hauptzweck der Vorbereitung. Der Boden soll für die Ansamung empfänglich gemacht, d. h. in eine solche Beschaffenheit versetzt werden, daß die Samen keimen und die Keimlinge anwachsen können. Eine genügende Bodengare, d. h. eine entsprechend weit vorgeschrittene Zersetzung der Streudecke, die Beseitigung etwa vorhandener Rohhumusmassen ist erforderlich, wenn die Mast gut anschlagen soll. Wieweit die Kronenschlußunterbrechung speziell zur Herbeiführung jenes Bodenzustands gehen

muß, ist nach Lage des Falles (Art der Streudecke, Bodenschicht, Feuchtigkeit etc.) verschieden. Im ganzen sind langsame Vorbereitungshiebe zum Zweck der Bodenvorbereitung plötzlichen, stärkeren Eingriffen vorzuziehen. Auf sog. tätigen Böden, auf denen infolge eines hinreichenden Kalkgehaltes und infolge Vorhandenseins der sonstigen Zersetzungsfaktoren die Anhäufung unzersetzter Streumassen überhaupt nicht vorkommt, entfällt die Notwendigkeit der Bodenvorbereitung sehr oft. Wohl aber ist eine solche Vorbereitung dort notwendig, wo sich infolge Trägheit des Bodens, d. h. infolge von Kalkarmut, oder kühler Lage (Nordlage), dichten Schlusses, zu großen Wasserreichtums, kurz, infolge Fehlens der die Streuzersetzung fördernden Bedingungen Trockentorf angesammelt hat. Hier muß durch eine entsprechende Schlußunterbrechung, sei es auf dem Wege der Durchforstung oder auf dem der Vorbereitungshiebe, für das Auftreten einer schwachen Bodenflora gesorgt werden, damit unter deren und der Atmosphärilien Einfluß die der Ansamung und dem Gedeihen des Jungwuchses äußerst hinderlichen unzersetzten Streumengen in Humus überführt werden. Wo der Vorhieb hierzu nicht zureicht, muß eine mechanische Bodenbearbeitung zu Hilfe kommen. In der Regel soll durch geeignete Bestandspflege und Hiebsführung eine besondere Bodenbearbeitung unnötig gemacht werden. Sie ist jedoch nicht immer ganz zu umgehen, zumal auf geringeren Standorten, und besteht dann namentlich im Entfernen von Moospolstern (Polytrichum commune), welche die Samen, bezw. die aus ihnen sich entwickelnden Würzelchen nicht zum mineralischen Grund gelangen lassen, im Grobscholligh acken (Kurzhacken) u. dergl.[1]). Oft genügt es, diese Maßregeln nur streifen- oder platzweise durchzuführen. Auch Schweineeintrieb kann sich unter Umständen sehr empfehlen. Da und dort findet auch auf besten Böden grundsätzlich immer eine Bodenbearbeitung statt, damit in jeder denkbaren Weise eine gute Besamung und die rasche Entwickelung der Keimpflanzen befördert wird (Buchenverjüngung in Dänemark als Beispiel[2]).

Im großen Durchschnitt wird das Richtige getroffen sein, wenn der Vorbereitungshieb 10—20 % des bis dahin kräftig durchforsteten Bestandes an Masse entnimmt. Er erstreckt sich auf die demnächst in Samenschlag zu stellende Fläche. An den Schlagrändern ist der Bestand (gegen Sonne und Wind) dunkler zu halten. Vorsichtige Fällung ist ebenso selbstverständlich, wie etwa die Verschonung der der Verjüngung entgegenzuführenden Bestände mit Streunutzung u. dgl.

Ob und inwieweit etwa von früheren Masten her bereits vorhandener Aufschlag oder Anflug bei der allgemeinen Bestandesverjüngung mitbenutzt werden kann und soll, bleibt späterer Erörterung vorbehalten.

b) S a m e n s c h l a g: Wenn die Vorbereitungshiebe im Bestand noch nicht denjenigen Grad der Durchlichtung herbeigeführt haben, welcher für die eigentliche Besamung und für die Beschirmung des Aufschlags während der ersten Zeit nach der Keimung erwünscht erscheint, wird durch einen besonderen Hieb, den sog. Besamungsschlag, nachgeholfen. Man könnte ihn grundsätzlich vielleicht den Vorbereitungshieben noch zuzählen und aus diesen unmittelbar zu den nach erfolgter Besamung nötig werdenden Nachlichtungen übergehen. Dadurch jedoch, daß der Besamungsschlag an ein bestimmtes Jahr, dasjenige des Masteintritts, geknüpft ist, während die Vorbereitungshiebe ohne Rücksicht auf das Samenjahr den Bestand nur ganz allgemein für die Ausnutzung einer erhofften Mast tauglich machen wollen, unter-

1) So finden sich z. B. im geschlossenen Buchenort auch nicht selten Laubschichten von solcher Mächtigkeit, daß in ihnen zunächst zur rascheren Reduzierung eine etwas lebhaftere Zersetzungstätigkeit wachgerufen werden muß. Eventuell muß die Laubschichte teilweise entfernt werden. Hier und da teilweises Unterpflügen derselben — (Vogelsberg).

2) Darauf wird bei spezieller Besprechung der Rotbuche zurückgekommen werden.

scheidet er sich von den Vorhieben. Diese sind, weil man nicht sicher voraus weiß, wann sich die Mast einstellen wird, bisweilen noch nicht bis zu dem für die Besamung geeignetsten Maß der Durchlichtung vorgeschritten. Kommt nun ein Samenjahr, so besorgt alsbald der Besamungsschlag das noch Fehlende. Auch hierbei ist Gleichmäßigkeit der Stellung und im allgemeinen eine dunkle Haltung des Schlages anzustreben. Der Eingriff in den Bestand soll nicht stärker sein, als daß die Keimung sicher von statten geht, und sich der Aufschlag bis zur nächsten Nachlichtung, welche in der Regel nicht vor dem zweiten, vielleicht erst im dritten auf die Besamung folgenden Jahre vorgenommen wird, normal entwickelt. Den Keimpflanzen ist durch ein relativ dichtes Schirmdach zunächst die nötige Bodenfeuchtigkeit zu garantieren und jeder energische Kampf mit vordringlichen Unkräutern möglichst zu ersparen. Ein allgemein gültiges Maß läßt sich für die Schlagstellung nicht geben, weil sie je nach Holzart, Bestands- und Standortsbeschaffenheit eine verschiedene sein muß. Insbesondere kommt es darauf an, wie weit man mit den Vorbereitungshieben schon gegangen war. Im großen Durchschnitt wird man eine brauchbare Stellung gefunden haben, wenn unmittelbar nach der Besamung noch etwa 0,7—0,6 des normalen Vollbestandes vorhanden sind. Modifikationen im einzelnen sind vorbehalten. Hochangesetzte Kronen z. B., welche mehr Seitenlicht zulassen, erfordern weniger starkes Eingreifen als kurzschaftiges Holz; letzteres aber stockt meist auf geringerem Boden, weshalb man auch hier vorsichtiger sein muß. Lichthölzer fordern, sofern man es mit der natürlichen Verjüngung bei ihnen versuchen will, immerhin eine etwas kräftigere Kronendurchbrechung als ausgesprochene Schattenhölzer, wie z. B. die Tanne. Gegen starken Unkrautwuchs hält man den Bestand dunkler. Dichterer Schluß kann endlich auch auf trockenen und mageren Böden, an steilen Hängen zur Erhaltung der Feuchtigkeit, wie unter Umständen gegen Ueberhandnehmen nasser Stellen (Carex brizoides in Buchenbeständen!) angezeigt sein.

Wie schon erwähnt wurde, ist der Samenschlag erst zu stellen, wenn auf das Eintreten der Mast mit Sicherheit gezählt werden darf. Seine Größe ist zumeist von dem häufigeren oder selteneren Vorkommen guter Mastjahre, d. h. von dem Fruchtbarkeitszeitraum, dem durchschnittlichen Intervall zwischen zwei Mastjahren, abhängig und jeweils so zu bemessen, daß im jährlichen Nachhaltbetrieb innerhalb der Umtriebszeit der gesamte Wald verjüngt wird. Von dem Fruchtbarkeitszeitraum unterscheidet sich der durch die Dauer der Ueberschirmungsbedürftigkeit des Jungwuchses bedingte Verjüngungszeitraum (siehe oben). Decken sich beide, so staltet sich der Vorgang der Verjüngung am übersichtlichsten. Kehren die Mastjahre, wie dies meist der Fall ist, in Zwischenräumen wieder, die kürzer sind als der Verjüngungszeitraum, so kann nicht jede Mast ausgenutzt werden. Jährliches Samentragen würde die Bildung von Jahresschlägen gestatten; anderenfalls wird eine entsprechende Anzahl von Jahresschlägen in einen Periodenschlag zusammengefaßt.

Die Bodenvorbereitung, von welcher schon gelegentlich der Besprechung des Vorbereitungshiebes die Rede war, wird mit Vorteil erst unmittelbar vor dem Samenabfall vorgenommen. Die Holzhauerei im Samenschlag muß vor der Keimung beendet sein. Zweckmäßigerweise nimmt man sie im Herbst vor oder nach dem Abfall des Samens vor, um durch die Arbeiten der Holzernte im ersten Falle der Bodenverwundung, im anderen Falle dem Unterbringen des abgefallenen Samens zu dienen.

c) Auslichtungsstadium. In den nach der Besamung zu führenden Hieben liegt im allgemeinen die Hauptschwierigkeit bei der Leitung des Verjüngungsprozesses, weil man in jedem einzelnen Falle die Grenze zu bemessen hat, von der ab die wohltätigen Wirkungen der Beschirmung durch den Nachteil überboten wer-

den, der durch längeres Zurückhalten der Entwickelung des Nachwuchses ersteht. Der Gefährdung durch Frost, Dürre, Unkraut usw. steht das in verstärktem Lichtgenuß (bei genügender Bodenfeuchtigkeit) unzweifelhaft freudigere Heraufwachsen des Aufschlags gegenüber. So sehr sich einerseits Vorsicht in der Richtung empfehlen kann, daß man der sicheren Behütung vor jenen Gefahren den höheren Wert beimißt, so kann doch durch eine zu weitgehende Aengstlichkeit, welche den Jungwuchs zu lange unter dem Schirmdach der Mutterbäume kümmern läßt, ebenso viel geschadet werden. Sobald die Verjüngung planmäßig eingeleitet ist, wird deren bestmöglicher rascher Vollzug in erster Linie maßgebend. Das Gedeihen des neuen Bestandes, nicht die tunlichst potenzierte Wertsteigerung im alten, ist von da ab für die Wirtschaftsführung bestimmend, wenn auch eine möglichst günstige Kombination beider Rücksichten stets anzustreben ist. Allmähliche Gewöhnung des Jungwuchses an freiere Stellung durch langsames Nachhauen im Mutterbestande wird sich vielenorts empfehlen, während in anderen Fällen ein beschleunigtes Tempo der Abräumungen erwünscht, ja notwendig sein kann (z. B. frostfreie Lagen im Gegensatz zu Frostlokalitäten, lichtbedürftige Holzarten gegenüber Schattenhölzern usw.). In bezug auf den zeitlichen und räumlichen Gang der Lichtungshiebe sind Boden und Bodenfrische, Entwicklungsenergie des Jungwuchses, Sturmgefahr der Mutterbäume zu berücksichtigen. Auch ist die Holzart entscheidend, sofern ganz allgemein der Aufschlag und Anflug von Lichthölzern zu seinem Gedeihen rascherer und energischerer Freistellung bedarf als solcher von Schattenhölzern. Es kann als Regel gelten, daß die Lichtung im Oberstand nicht früher als im zweiten Winter nach der Besamung beginnt („Kräftigungshieb" Grebes), nachdem die jungen Pflanzen wenigstens einigermaßen erstarkt sind. Es ist selbstverständlich, daß bei den Nachhieben die ursprüngliche Gleichmäßigkeit der Schlagstellung nicht gewahrt werden kann, sondern ganz von selbst verloren geht. Einzelne Stellen werden vielleicht schon früher oder doch schon vollständiger besamt sein als andere, auf einzelnen wird sich infolge zufällig stärkeren Lichteinfalls etc. der Aufschlag kräftiger, unter Umständen zu förmlichen Vorwuchshorsten entwickelt haben. Daß man solchen Partien Luft macht, um sie noch mehr zu fördern, daß durch allmähliche Erweiterung der im Altbestande hierdurch entstehenden Lücken nach und nach die zwischenhinein noch vorhandenen Oberstandspartien zusammenschrumpfen, bis die vollständige Schlagräumung, der Räumungsschlag, eintritt, leuchtet ein. Von diesen mehr zufällig entstehenden Ungleichartigkeiten im Jungbestande, welche übrigens kaum je so bedeutend sind, daß sie nicht dem Auge bald wieder verschwänden, unterscheiden sich wesentlich diejenigen, welche als Ergebnis der Verjüngung im Femelschlagbetriebe erscheinen.

§ 41. 3. Der Femelschlagbetrieb. Wie schon mehrfach kurz angeführt worden ist, will der Femelschlagbetrieb grundsätzlich keine gleichmäßig über die ganze Fläche sich erstreckende Verjüngung herbeiführen und demgemäß auch keinen gleichaltrigen Jungbestand schaffen, sondern erhält, indem er die einzelnen Bestandespartien nacheinander behufs ihrer Verjüngung in Angriff nimmt, in dem erwachsenden neuen Bestand Altersunterschiede, welche der Länge des Verjüngungszeitraumes und der Zahl und Aufeinanderfolge der während desselben benutzten einzelnen Masten entsprechen. Der Verjüngungszeitraum ist — da die Bewältigung der Aufgabe, zumal bei vorsichtiger, feinster Wirtschaftsführung, mehr Zeit erfordert als eine Verjüngung, bei welcher durch wenige, über die ganze Fläche sich erstreckende Hiebe alles Erforderliche erledigt wird — demgemäß ein meist längerer, kaum je unter 30 Jahre heruntergehend.

Der Vorgang ist im allgemeinen folgender:

Man macht planmäßig da und dort stärkere Eingriffe, während die zwischenliegenden Partien noch intakt bleiben. Diese als Angriffs- oder Vorbereitungs-, in Bayern auch als Gruppenhiebe bezeichneten Eingriffe sollen die wertvolleren Bestandesglieder kräftigen, sie zur Fruktifikation anregen und sollen den Boden empfänglich machen, verfolgen mithin dieselben Zwecke wie die Vorhiebe des Schirmschlagbetriebes. Die Einzelstellen, von welchen die Verjüngung ausgeht, sind entweder nur größere oder kleinere Löcher, absichtlich gehauen, vielleicht auch mehr zufällig entstanden (Tannenwirtschaft: durch Sturm, Aushieb von Krebsbäumen etc.), oft ohne jeglichen Oberstand, Partien, welche nicht selten bereits besamt sind, anderenfalls von den Randbäumen her sich leicht besamen, — oder es sind Flächenteile, manchmal gleich anfangs von etwas größerer Ausdehnung, auf welchen zunächst (wie beim Vorbereitungshieb des Schirmschlags) geeignete Mutterbäume stehen bleiben, bis die Besamung erfolgt ist, und der junge Wuchs des Schutzes nicht mehr bedarf. Die Schutzwirkung der Mutterbäume tritt dabei insofern zurück, als der rings um den Junghorst noch geschlossene Bestandesrand entsprechenden Seitenschutz gewährt, so daß die Räumung der Schirmbäume meist bald erfolgen kann. Regelmäßige Figuren sind natürlich ebenso wenig Bedingung wie gleichmäßiger Abstand der einzelnen Verjüngungszentren voneinander, wenn auch deren annähernd gleiche Verteilung über die Gesamtfläche, sowie tunlichst die Kreisform erwünscht ist. Es muß sich eben bei der Durchführung von Fall zu Fall alles nach den örtlichen Umständen richten; eine scharf ausgeprägte Schablone ist ausgeschlossen. Je nach der Entwickelung der Jungwüchse und dem Eintritt neuer Samenjahre wird dann am Rande in schmäleren oder breiteren Ringen weiter gelichtet, es werden „Umrandungs“- oder „Umrändelungshiebe“ geführt. Neue Jungwüchse erstehen in Angliederung an die im Inneren der Verjüngungsplätze heraufwachsenden Partien, neue Angriffspunkte werden zwischen den alten eingeschoben, und es ist klar, wie durch solches Verfahren nach und nach der ganze Altbestand durch junge Gruppen und Horste ersetzt wird. Größere unbesamte Lücken entstehen dabei also nirgends, sondern nur kleine Löcher und schmale Absäumungen, deren Besamung sich vom Rande oder von Schirmbäumen aus leicht vollzieht. Als Vorzug einer solchen Ungleichförmigkeit im Verjüngungsgange wird größerer Zuwachs, besonders infolge bedeutenderer Boden- und Luftfrische, vollkommenste Bewahrung der Bodenkraft, auch wohl örtlich verminderter Schneeschaden und Windwurf bezeichnet. Zweifellos sind durch die allmählich vorschreitende Femelschlag-Verjüngung örtlich schon sehr gute Erfolge zu verzeichnen, indem man tadellose Jungbestände in großer Ausdehnung erzielt hat. Namentlich wird in Bayern, wo auf G a y e r s energische Anregung hin die Methode ins feinste ausgebildet worden ist, seit mehreren Jahrzehnten nach ihr erfolgreich gearbeitet. Man braucht aus den dortigen befriedigenden Erfolgen jedoch noch nicht auf eine unbedingte Rätlichkeit dieser Wirtschaft, die vorzugsweise für Tanne, Fichte und Buche, ganz besonders aber für Mischbestände dieser Holzarten in Betracht kommt, zu schließen, sondern kann die Frage aufwerfen, ob nicht in den reinen und nur wenig gemischten Beständen in vielen Fällen eine durch den ganzen Bestand hindurch annähernd gleichmäßige und gleichzeitige Durchführung der Verjüngung — stets die erforderliche Durchlichtung im Kronenschirm vorausgesetzt — die nämliche Wertsproduktion an den gleichmäßig verteilten, sämtlich mit gehörigem Lichtungszuwachs arbeitenden Mutterbäumen erzielen würde und ob dabei nicht unter voller Schonung der Bodenkraft ein allen An-

forderungen entsprechender Nachwuchs erzogen werden könnte [1]). Unbestrittenen Wert aber hat die horst- und gruppenweise Verjüngung überall dort, wo die Wirtschaft auf Erhaltung der vorhandenen Mischung gerichtet ist. Die von ihr gebotene Beweglichkeit bei der Anbahnung, Pflege und Erweiterung von Verjüngungspunkten gewährleistet mehr als jede andere Betriebsart die Möglichkeit, dem verschiedenen Lichtbedürfnis und dem ungleichen Entwicklungsgang der in Frage kommenden Mischholzarten so Rechnung zu tragen, daß horstweis gemischte Bestände wieder entstehen. Andererseits ist nicht zu verkennen, daß bei der Gruppenverjüngung durch die Verteilung mehr oder minder geschlossener kleiner Beständchen über die ganze Fläche hin vielfach bedenkliche Umstände (Frostgefahr, Gefährdung durch Stürme, Entzug der Niederschläge etc.) herbeigeführt werden. Die unbedingten Anhänger des Femelschlagbetriebes stehen zwar auf dem Standpunkte, daß gerade diese Gefahren im Femelschlagverfahren weniger bedenklich werden, und weisen zur Erhärtung ihrer Ansicht auf eine Reihe von Beispielen hin, in welchen Schädigungen wie die angedeuteten ausgeblieben sind.

Für Schirmschlagbetrieb und Femelschlagbetrieb ist noch zu erwähnen, daß bei der Nachlichtung solchen Partien, welche zunächst unbesamt geblieben sind, durch eine Unterbrechung im Kronendach oft am leichtesten geholfen werden kann, daß also solche Stellen im Bestande keineswegs immer besonders dunkel zu halten sind. Vorsichtiger Fällungsbetrieb, mit Rücksicht auf den Unterwuchs, ist geboten. Nachbesserung durch Saat oder Pflanzung, Einbringen von Mischhölzern, soweit es nicht mittels Vorverjüngung (z. B. Eiche im Buchengrundbestand) schon erfolgt ist, hat zugleich mit den Auslichtungen, spätestens bald nach ihnen stattzufinden. Stocklöcher, im Falle der Rodung, bieten besonders geeignete Stellen zur Einpflanzung. Der Femelschlagbetrieb kann sich, falls nur mit ganz kleinen Löchern operiert wird, offenbar dem reinen Femelbetrieb nähern. Er kann andererseits, wenn die Verjüngungszentren größere Flächen einnehmen, und die Erweiterungsringe breit sind, mehr und mehr einer Auflösung des Ganzen in einzelne im Schirmschlagverfahren behandelte Teile gleichkommen.

§ 42. 4. Der Saumschlagbetrieb. Wie ebenfalls schon oben (S. 41) ausgeführt wurde, ist der Saumschlagbetrieb nichts anderes als eine Anwendung der Verjüngungsgrundsätze des Schirmschlag- bezw. des Plenterschlagbetriebes auf schmalen, vom Rande herein allmählich nach dem Bestandsinnern vorrückenden Verjüngungsstreifen. C. Wagner-Tübingen, der den Saumschlagbetrieb in der von ihm empfohlenen als Blendersaumschlag bezeichneten Form zu neuem Leben erweckt hat, legt den Schwerpunkt des Saumschlagbetriebes auf die Hiebsrichtung, weil von dieser die mehr oder weniger austrocknende Einwirkung der Sonne und damit der Erfolg der Saumverjüngung in erster Linie beeinflußt wird. Als normale Hiebsrichtungen kommen nach Wagner [2]) nur in Betracht: Nordwest-Südost für Laubhölzer und besonders geschützte Lagen, Nord-Süd für Nadelhölzer und die weniger festen Laubhölzer in besonders gefährdeter Lage. Der vom nördlichen oder nordwestlichen Bestandsrande aus beginnende und sich langsam nach Süden bezw. Südosten vorwärts bewegende Hieb besteht zunächst in einem ungleichförmigen Auflockern eines Saumes des bisher geschlossenen Bestandsrandes. Durch die Entnahme unerwünschter und zu stark vertretener Holzarten und zwar immer zuerst

1) Vergl. hierzu die schon oben (S. 46) angeführte Literatur, sowie Schuberg, Schlaglichter zur Streitfrage „schlagweiser Hochwald- oder Femelbetrieb" im forstw. Zentralbl. von 1886, S. 129 ff. und S. 193 ff. Diese Abhandlung von Sch., welche sich auf umfängliche exakte Untersuchungen stützt, ist, weil bestimmte Zahlen gegeben werden, sehr interessant.

2) Grundlagen d. räuml. Ordnung i. Walde. 1907, S. 135 ff.

der dichtbekrontesten Exemplare werden Löcher und Kleinflächen für die erste Ansamung geschaffen. Diese erfolgt im noch dunklen Schirm und im Seitenschutz des geschlossenen Bestandes. Der Dunkelstand befähigt bei Verjüngung von Mischbeständen zunächst nur die Schattenhölzer Tanne und Buche zur Bildung von Anfluggruppen, die sich beim langsamen Fortgang des Hiebes und beim Lichterstellen allmählich erweitern. Fortgesetzte Entnahme der noch stehenden Mutterbäume vom Schlagrande herein bereitet den erstarkenden Anflug auf den Freistand mehr und mehr vor. Mit dem zunehmenden Lichtgenuß finden auch die lichtbedürftigeren Holzarten, zunächst Fichte, Ahorn, Esche, später Kiefer und Lärche günstige Lebensbedingungen auf dem nach außen gelegenen Teile des Verjüngungsstreifens und vermögen sich hier anzusiedeln. — Den jeweilig in Verjüngung befindlichen Streifen kann man sich gewissermaßen aus 3 in verschiedenen Stadien der Verjüngung befindlichen Säumen zusammengesetzt denken. Der dem geschlossenen Bestand nächste Saum befindet sich in Samenschlagstellung, die beiden anderen nach dem Schlagrande zu gelegenen Säume im mehr oder weniger vorgeschrittenen Auslichtungsstadium. In dem Maße der Verjüngungsstreifen vom Schlagrande herein gelichtet und durch Räumung der Mutterbäume abgebaut wird, schiebt sich sein dunkelster Teil, der Samenschlagsaum, gegen den geschlossenen Bestand vorwärts. Die Geschwindigkeit, mit der dieses Vorrücken geschieht, hängt, abgesehen von wirtschaftlichen Momenten, vom Gelingen der Ansamung und von den Bedürfnissen des Anfluges ab. Selbstverständlich nimmt auch die größere oder geringere Häufigkeit der Samenjahre sowohl auf das Tempo des Hiebsfortschrittes wie namentlich auch auf die Breite des ersten Ansamungssaumes und damit auf die Breite des Verjüngungsstreifens überhaupt Einfluß. Je seltener die Samenjahre sind, um so mehr muß das einzelne ausgenützt, um so breiter mithin der Dunkelsaum angelegt werden. Die Breite des Verjüngungsstreifens aber richtet sich auch nach der Holzart. Den breitesten, vom Dunkel des geschlossenen Bestandes bis zum stark gelockerten Lichtstand abgestuften Verjüngungsstreifen verlangen die Schattenhölzer; auch die Fichte verträgt ihn, obwohl für sie schon ein ziemlich schmaler Streifen genügt. Lichthölzer verjüngen sich am besten auf einen schmalen und lichten Verjüngungsstreifen. Wie bei jeder anderen Naturverjüngung ist auch hier schließlich der Boden in zeitlicher und räumlicher Hinsicht maßgebend für den Gang der Verjüngung. Je geringer seine Besamungsfähigkeit infolge von Neigung zur Verunkrautung, fehlender Bodenfrische oder infolge anderer Ursachen ist, um so mehr ist Vorsicht bei der Lichtstellung und in bezug auf die Schnelligkeit des Verjüngungsganges geboten. Schwierige Böden lassen, um die Sicherheit der Verjüngung zu erhöhen, meist Maßregeln der Bearbeitung angezeigt erscheinen. Ueber die Vor- und Nachteile des von Wagner als bestes Verjüngungsverfahren angesehenen Saumschlagverfahrens vgl. das oben im 2. Abschnitt (S. 47) hierüber Gesagte.

§ 43. 5. Die Verjüngung im Femelbetrieb: Ein im eigentlichen Femelbetrieb bewirtschafteter Wald unterscheidet sich seinem Wesen nach von dem mit langer Verjüngungsdauer femelschlagartig, d. h. nicht gleichmäßig durch die ganze Fläche hin, sondern gruppen- oder horstweise behandelten Walde dadurch, daß in ihm alle Altersstufen — die Abstufungen im einzelnen in kleineren Zwischenräumen — vertreten sind, während, wie wir gesehen haben, im Femelschlagbetrieb der zwischen den ältesten und jüngsten Hölzern bestehende Altersunterschied im Höchstfalle nur gleich der Verjüngungsdauer ist. Hieraus ergibt sich bezüglich der Verjüngung im reinen Femelwald als charakteristisches Merkmal, daß der ganze Wald gleichzeitig in wirtschaftlicher Behandlung steht. Es trifft der Hieb zwar keines-

wegs in jedem einzelnen Jahre die ganze Fläche, wohl aber kehrt er in meist kürzeren Zeitzwischenräumen auf die Einzelfläche wieder. Bald mit mehr, bald mit weniger Regelmäßigkeit wechseln im Plenterwalde kleinere und größere, ältere und jüngere Partien miteinander ab, indem da und dort die ältesten Stämme genutzt werden und an ihre Stelle Jungwüchse treten, um welche sich, nach vorgängiger Absäumung im Altholz neue Jungwüchse anlegen, so daß auf diese Weise allmählich die Verjüngung des ganzen Waldes erfolgt. Beim Femelschlagbetrieb konzentriert sich der Verjüngungsprozeß in der einzelnen Waldabteilung auf die Zeit der Verjüngungsdauer, so daß sich im Gesamtwalde die einzelnen Periodenflächen deutlich voneinander abheben. Im reinen Femelwalde hingegen vollzieht sich die Verjüngung fortgesetzt in jedem Umlauf der Hauungen. Einzelne Teile der verschiedenen Periodenflächen des Femelschlagbetriebes, bald kleinere Gruppen, bald größere Horste, sind im Femelwalde gewissermaßen untereinander geworfen, so daß, wenn auch keineswegs in jedem kleinsten Bestandteile, so doch innerhalb der einzelnen Abteilung, alle Altersklassen vertreten sind, selbstverständlich nicht durchweg in Abstufungen von Jahr zu Jahr, sondern je nach der Häufigkeit des Eintritts von Samenjahren in mehr oder minder ungleichen, meist mehrere Jahre umfassenden Abstufungen.

B. Natürliche Verjüngung durch Ausschlag.

V o r b e m e r k u n g: Sie ist nur möglich bei Holzarten mit entsprechender Reproduktionskraft, schließt also die Nadelhölzer aus. Die genutzten Bestandesteile werden durch Ausschlag aus den auf der Fläche verbliebenen Baumteilen ersetzt, und hierdurch wird der neue Bestand erzeugt. Man unterscheidet Niederwald, Kopfholzbetrieb und Schneitelholzbetrieb. Beim N i e d e r w a l d wird der gesamte oberirdische Baumteil genutzt; die Begründung des neuen Bestandes vollzieht sich durch Stockausschläge (event. in Verbindung mit Wurzelausschlägen) aus den im Boden verbliebenen Stöcken mit ihren Wurzeln. Der K o p f h o l z b e t r i e b nimmt dem einzelnen Kernwuchs einen Teil seines Schaftes. An der Abhiebsstelle brechen Zweige hervor, welche die nächste Nutzung, die Nutzung des „nächsten Umtriebs", und somit gewissermaßen den neuen Bestand darstellen. Infolge wiederholter Nutzung dieser Aeste entsteht am Schaftende ein Wulst oder Kopf. Beim S c h n e i t e l b e t r i e b werden dem einzelnen Stamme nur seine Zweige und Aeste genommen, während der Schaft ihm in ganzer (oder annähernd ganzer) Länge belassen wird. Die Regeneration erfolgt durch Ausschläge an den einzelnen Aststummeln bezw. Schaftwunden.

I. V e r j ü n g u n g i m N i e d e r w a l d.

§ 44. 1. H o l z a r t e n u n d A u s s c h l a g s v e r m ö g e n: Außer den baumartig erwachsenden Laubhölzern werden auch viele strauchartige, als Kleinnutzhölzer, Faschinenhölzer u. dgl. verwendbare Holzarten im Niederwald angezogen. Zu ersteren gehören vor allen die Eichen, dann Erlen, Kastanie, Akazie, Weiden, auch Esche, Ulme, Hainbuche u. a., zu letzteren z. B. Hasel, Schneeball, Hartriegel, Heckenkirsche, Schwarz- und Weißdorn usw. Die meisten dieser Holzarten treiben nur Stockloden, wie Rotbuche, Hainbuche, Eiche, Kastanie, Esche, Ahorn, Birke u. a.; bei einigen brechen außer solchen auch Wurzelloden hervor, wie bei Weißerle, Rüster, Feldahorn, Akazie, Pappel, Kirschen usw. Die Reproduktionskraft der verschiedenen Laubhölzer ist nicht gleich groß und von ungleicher Dauer und wird von den äußeren Verhältnissen, namentlich von der Bodengüte und dem Lichtgenuß beeinflußt. Am längsten hält die Ausschlagsfähigkeit bei Eiche, Horn-

baum, Erle und Linde aus, während Buche, Birke, Ahorn und Esche schneller nachlassen. Je älter der Stock ist, um so schwächer ist sein Ausschlagsvermögen und um so mehr bleiben die Ausschläge im Höhenwuchs zurück. Flachgründige, arme Böden erzeugen ebenso keine hoch werdenden Ausschläge, wenn sie auch — namentlich in warmen Lagen — die Reichlichkeit des Ausschlags nicht beeinflussen. — 2. Die Verjüngung: Sie erfordert keine besonderen waldbaulichen Maßregeln, da ihr Gelingen, d. h. die Entstehung eines normalen Jungbestandes, wenn anders sich die passende Holzart auf geeignetem Standort in einem guten Bestand vorfindet, und keine besonderen Störungen, wie Spätfröste, Hagelschläge u. dgl. eintreten, in der Hauptsache nur von einem rationellen Nutzungsbetrieb abhängig ist. Im allgemeinen führt man die Stockschläge im zeitigen Frühjahr (März) aus. Man umgeht dann die beim Herbsthieb bestehende Gefahr, daß die Stöcke bei strenger Kälte zugrunde gehen und hat auch die in Herbstschlägen infolge zeitigen Austreibens der Stöcke leicht vorkommenden Spätfrostschäden nicht zu fürchten. Ausnahmen vom Frühjahrs = (Saft-)Hieb machen sich nur dort nötig, wo die nur bei Frost mögliche Zugänglichkeit des Geländes die Winterfällung bedingt (Erlenniederwälder), oder wo, wie in den Eichenschälwaldungen, die Gewinnung der Rinde Hauptzweck der Verjüngung ist. Hier findet die Nutzung erst nach dem Laubausbruche im Mai bis Juni statt, weil vorher die Rinde nicht in gewünschter Weise sich loslöst. Stockschläge zum Zwecke der Futterlaubgewinnung werden im Sommer (Juni—August) geführt. — Bei der Hiebsführung in Stockschlägen empfiehlt es sich, da Windgefahr nicht in Betracht kommt, in umgekehrter Richtung wie beim Hochwaldbetrieb, von Westen oder Süden, zu hauen, um Wärme und Licht in die Schläge zu bringen. Bei der Nutzung der Ausschläge, die bei schwächerem Material mit Heppen, bei stärkerem mit Axt oder Säge geschieht, ist auf möglichst tiefen Abschnitt und glatte, am besten etwas geneigte Schnittflächen zu achten. Einkerbungen der Abhiebsflächen, wie sie entstehen, wenn die Beilschläge von zwei Seiten aus und von oben geführt werden, sind zu vermeiden, weil sonst das in dem Einschnitt stehen bleibende Regenwasser zur Fäulnis der Schnittfläche beiträgt. Die Nachbesserungsarbeiten in Niederwäldern, zum Ersatz eingegangener bezw. zu alter Stöcke, werden am besten durch Pflanzung, ev. mit Verwendung von Stummelpflanzen, besorgt.

3. Die praktisch wichtigen Stockschlag-Betriebe.

a) Eichenniederwald. Hauptsächlich zum Zwecke der Rindengewinnung betrieben, hat der Eichenniederwald nach der Reichsstatistik von 1900 noch 446 500 ha = 3,2 % der Gesamtwaldfläche Deutschlands als Eichenschälwald eingenommen. Wenn auch der seit 1890 eingetretene beträchtliche Rückgang des Rindenpreises — nach Jentsch[1]) kostete 1 Ztr. Rinde 1890 im Durchschnitt 6,01, 1905: 3,19 M. — hier und da zur Verminderung der Schälwaldfläche geführt hat und vielleicht noch führen wird, stellt der Eichenschälwaldbetrieb doch noch immer einen namentlich in Süd- und Westdeutschland sehr beachtenswerten und unter den Ausschlagbetrieben den wirtschaftlich wichtigsten Betrieb dar. Verwendet werden Stiel- und Traubeneiche, letztere ihrer etwas besseren und anhaltenderen Ausschlagsfähigkeit wegen im allgemeinen lieber. Die ihr gleichfalls hin und wieder

1) Jentsch, Untersuchungen über die Verhältnisse des deutschen Eichenschälwaldbetriebes. Berlin 1906; Derselbe, Der deutsche Eichenschälwald und seine Zukunft. Berlin 1899; Derselbe, Der Eichenschälwald in den Niederlanden. Mündener forstl. Hefte, 16. Hft. 1900, S. 89. — Schenck, Die Rentabilität des deutschen Eichenschälwaldes. Darmstadt 1896. — Bericht üb. d. XXVI. Vers. deutscher Forstmänner 1898: Gegenwärtige Verhältnisse und Zukunft des Eichenschälwaldes. — Wachs, Der augenblickliche Stand der Eichenschälwaldfrage. Silva 1908, Nr. 20 und 21.

nachgerühmte bessere Rindenqualität wird von anderer Seite bestritten und eher der Stieleiche zugesprochen. Unterschiede in dieser Hinsicht sind anscheinend Folge des Standortes, nicht der Eichenart. Umtrieb, rd. 15jährig, schwankt zwischen 12 und 20 Jahren; in neu angelegten Schälwäldern erstmalig etwas länger, da Kernwüchse bis zur gewünschten Erstarkung längere Zeit brauchen als Stockausschläge. Die Neubegründung von Eichenschälwäldern geschieht durch Saat oder Pflanzung und setzt, wenn sie rentabel sein soll, kräftige, wenn auch nicht tiefgründige Böden in warmen Lagen (Weinlagen) voraus. Saat, meist in Riefen, 6—10 hl für 1 ha; Pflanzung, meist mit 3jährigen Stummelpflanzen in Reihenverband 2 : 1 m oder Quadratverband 1,3—1,5 m. Mischungen sind zu vermeiden. Wo sie früher als richtig angesehen wurden, auf ärmeren Böden, auf denen die eingemischte Holzart (Kiefer, Weymouthskiefer, Lärche, Akazie) den Boden bessern und den Ertrag erhöhen sollte, gehört der Schälwald heut nicht mehr hin. Die sich von selbst einstellenden Mischhölzer (Aspe, Sahlweide, Hasel, Hornbaum), die sog. Raumhölzer oder Unhölzer, sind zeitig und nach Bedarf wiederholt so gründlich wie möglich auszujäten. Durchforstungen, die neben der Entfernung der Raumhölzer die unterdrückten Eichenausschläge fassen und mit Aufastungen der besseren Schälstangen verbunden werden können, sind im Interesse der Erhöhung des Rindenertrages empfehlenswert und erfolgen zweckmäßigerweise mindestens zweimal bei 15jährigem Umtriebe. Abtrieb im Mai oder Juni (vgl. hierzu Handbuch, unter IX. Forstbenutzung B.). Normale Schälwalderträge auf gutem Standorte beim Abtrieb pro ha zwischen 80 und 150 Ztr. Rinde schwankend. Hierzu kommen 20—30 fm Schälholz und (meist als Zwischennutzung) 6—15 fm Raumholz. In Hessen ist für Schälwaldungen mit weniger als 80 Ztr. Rindenertrag generell Umwandlung in Hochwald angeordnet worden.

b) K a s t a n i e n n i e d e r w a l d[1]). In Weinbaugegenden, in Deutschland namentlich im Elsaß, zur Erziehung von Rebpfählen geeignet. Erfordernisse: tiefgründiger, kräftiger Boden, mildes Klima, freie, sonnige Lage. Im Elsaß weisen die östlichen und südöstlichen Hänge der Vorberge bessere Kastanienniederwälder auf als die meist trockeneren und flachgründigen Süd- und Westhänge. Umtrieb 15—20jährig. Mischung ist auf den besseren Böden zu vermeiden, auf steinigen und sandigen Standorten mit Robinie vorteilhaft. Wo letztere die Kastanienstockausschläge bedrängt, muß sie bei der im 7—10jährigen Alter des Stockschlages notwendig werdenden Durchforstung entfernt werden. Gleichzeitig werden die besseren Ausschläge von Zwieseln und stärkeren Seitenästen befreit. Zuwachs auf gutem Boden beträchtlich (14—16 fm für ha und Jahr). Hieb im März und April, in der Pfalz und im Elsaß vielfach aber auch im Herbst. Dem Erfrieren der Stöcke beugt man dann durch Erd- oder Laubbedeckung vor.

c) R o b i n i e n n i e d e r w a l d[2]). Weniger für Deutschland, als für Ungarn bedeutungsvoll; dort sind jetzt nahezu 70 000 ha mit Robinie bestockt. Lockerer, frischer Sandboden verlangt; auf sterilem, nährstoffarmem Boden versagt die Robinie trotz ihrer zweifellos vorhandenen Genügsamkeit. Immerhin hat sie sich in

1) K a y s i n g , Anbau, Bewirtschaftung und Ertrag des Kastanienniederwaldes. Bericht üb. d. XII. Vers. deutscher Forstmänner 1883, S. 118 — I l s e , Ueb. Edelkastanienzucht im Oberelsaß. Allg. F.- u. J.-Z. 1898, S. 225. — O s t e r h e l d , D. Kastanie am pfälzischen Vorgebirge. Allg. F.- u. J.-Z. 1895, S. 22. — H a l l b a u e r , Edelkastanie und Akazie als Waldbäume im Oberelsaß. Allg. F.- u. J.-Z. 1896, S. 249.

2) E b e r t s , D. Akazien-Niederwald. Allg. F.- u. J.-Z. 1899, S. 168, 290; 1900, S. 74. — B u n d , D. Zucht der Akazie. Ztschr. f. F.- u. Jw. 1899, S. 199. — E. V a d a s , D. Bedeutung der Robinie f. d. Forstwirtschaft Ungarns. Selmecbanya 1910. — F e k e t e , Erdeszeti Kiserletek 1909, Hft. 3 und 4.

Ungarn bei der Flugsandbindung gut bewährt. Für den Niederwald ist sie hervorragend geeignet, weil sie durch zähe Ausschlagsfähigkeit (Stock- und Wurzelausschlag) und schnelles Wachstum ausgezeichnet ist. Nach der Pflanzung werden die Pflanzen auf den Stock gesetzt, am besten im Vorfrühling (März). Umtrieb nach Maßgabe des gewünschten Sortimentes 10—30 jährig: bei Erzeugung von Rebpfählen 7—10jährig; wenn auf Brennholz und Werkholzsortimente gearbeitet wird, 15—20jährig; wenn stärkeres Nutzholz verlangt wird, 30 jährig. Höhere Umtriebszeiten empfehlen sich nicht infolge sehr raschen Zuwachsabfalles vom 30 jährigen Alter an. Fekete gibt für Ungarn die Waldrente des 30jährigen Robinienniederwaldes mit 35,5 kr, die Bodenrente mit 11,16 kr an und weist darauf hin, daß der Robinienniederwald damit alle anderen Holz- und Betriebsarten weit hinter sich läßt. Aus Deutschland sind bei 15—20 jährigem Umtriebe Reinerträge von 90 und mehr Mark pro Jahr und ha bekannt.

d) Erlenniederwald[1]): Ist in Ueberschwemmungs-, Stauwasser- und Niederungsmoorgebieten hin und wieder die einzige Betriebsart, um dem Boden einen Ertrag abzugewinnen. Beiden Erlen ist ein energisches und lang anhaltendes Ausschlagsvermögen eigentümlich, das sich bei der Weißerle in Bildung zahlreicher Wurzelausschläge, bei der Schwarzerle in Bildung von Stockloden bemerkbar macht. Bei Tiefabschnitt oder Anhäufeln bewurzeln sich die Stockloden oft von selbst. Bei der Anlage und Ausbesserung von Erlenniederwäldern ist Pflanzung unumgänglich, da des verdämmenden Gras- und Unkrautwuchses wegen auf natürliche Besamung nicht zu rechnen ist. Die zur Verwendung kommenden Pflanzen müssen so hoch sein, daß sie der Verdämmungsgefahr durch das Gras entwachsen sind. Dreijährige, einmal verschulte und gut bewurzelte Pflanzen sind zu empfehlen. Die oft sich nötig machende Hügel- oder Rabattenpflanzung krankt, abgesehen von ihrer Kostspieligkeit, an dem Nachteil, daß sich bei Hochwasser die Mäuse in die Aufhöhungen flüchten und durch Fraß bedeutenden Schaden anrichten. Umtrieb mit Rücksicht auf den Wertzuwachs stärkerer Sortimente meist höher als in den Stockschlägen anderer Holzarten, 30-, 40- auch 50 jährig. Die Abtriebszeit muß in den Brüchern vielfach in den Winter verlegt werden, weil zu anderer Zeit das Gelände nicht zugänglich ist. Baldige Abfuhr der Ernte ist dann selbstverständlich.

e) Weidenniederwald[2]). Je nachdem der Weidenstockschlag der Erzeugung von Flechtruten oder von sog. Bandstöcken, d. i. stärkerer zu Faßreifen benutzter Ausschläge dient, wird er in 1- oder 2jährigem, im anderen Falle 3- bis 5 jährigem Umtrieb bewirtschaftet. Zur Anlage einer Weidenkultur eignet sich jeder einigermaßen nährstoffreiche Boden, sobald er die nötige Frische besitzt. Humusreicher, milder Lehmboden mit nicht zu hochstehendem Grundwasser ist am besten; reiner Sand, Torfboden und vollständig trockener Boden eignen sich nicht. Ueberschwemmungsgelände ist um so brauchbarer, je weniger infolge der periodisch wiederkehrenden Ueberstauungen Ersatz für die durch die Nutzung der Ruten ausgeführten Nährstoffe notwendig ist. Stagnierende Nässe wird von den Weiden nur dann vertragen, wenn Dammkultur angewendet wird. Die Neuanlage einer Weiden-

1) Forstreuter, Erlenwirtschaft im Niederungsmoorgebiet der Kgl. Oberförsterei Memonien. 1903.

2) Krahe, Die Korbweidenkultur. 5. Aufl. Aachen 1897. — Kern, Achtzehnjährige praktische Erfahrungen im rationellen Korbweidenbau und Bandstockbetriebe. Dresden 1904. — Grams-Schönsee, Wann und wie sollen die Weidenruten geschnitten werden? Allg. F.- u J.-Z. 1903, S. 100. — Ders., Die Bandstockgewinnung, das. 1904, S. 380. — Ders., Arbeiten in der Weidenkultur vom Frühjahr bis zum Herbst, das. 1905, S. 257. — Ders., Die Ausbesserung der nach einigen Jahren schwächer werdenden Weidenkulturen, das. 1908, S. 70.

kultur geschieht im Frühjahr (Mitte März bis Ende April) mit 30 cm langen Stecklingen, die in gut rigolten Boden senkrecht und vollständig im Reihenverband 50 : 10 cm, bei Bandstockerziehung 50 : 30 cm eingesteckt werden. Weitere Verbände führen zur Verästelung der Ruten und zur leichteren Verunkrautung des Bodens. Die zahlreichen Weidenarten und Kreuzungen werden nach der Länge und Stärke ihrer Ruten, sowie nach der Ausschlagsfähigkeit der Stöcke und deren Dauer beurteilt. Als Flechtweide empfiehlt sich in erster Linie die Hanfweide (Salix viminalis), weil sie vorzügliche schlanke Ruten ergibt und jährlichen Schnitt der Ruten, also 1 jährigen Umtrieb, gut aushält. Die ebenfalls empfohlene Mandelweide (S. amygdalina) verästelt zu stark. Kreuzungssorten sind in Masse im Handel, taugen aber meist nicht viel. Für Bandstockbetrieb hält Hauptmann Kern, eine Autorität auf dem Gebiete der Weidenzucht, S. dasyclados $\times$ purpurea ihrer Schnellwüchsigkeit wegen für besonders geeignet. Ein guter Weidenstockschlag macht dauernde Pflege, Bodenbearbeitung, Düngung (bei schlechterem Boden), vor allem aber Bekämpfung des Unkrautes notwendig. Verunkrautete Kulturen gehen zu Grunde. Bei rationeller Pflege und Unterbringen der humosen, die Unkrautsamen beherbergenden oberen Bodenschicht gelegentlich der erstmaligen Anlage genügt einmaliges Behacken und Jäten im Frühjahr (Mai, Juni), um das Unkraut so lange zurückzuhalten, bis es durch den dichten Schluß der Ruten selbst unterdrückt wird. Wie lange ein Stock ausschlagfähig bleibt, hängt sowohl von der Weidenart und den Standortsverhältnissen, wie auch von der Intensität der Nutzung und der Umtriebszeit ab. Viele Weidenarten vertragen den 1 jährigen Umtrieb nicht. Schwächer werdende Leistungen bei jährlichem Schnitt können dadurch wieder gehoben werden, daß man die Ruten hin und wieder 2 jährig werden läßt. Bei Neuanlagen erfolgt der erste Schnitt zweckmäßigerweise im ersten Winter. Die jedesmalige Nutzung der Ausschläge erfolgt in der Zeit der vollkommenen Saftruhe (ab Dezember). Je glatter am Stock die Ruten mit Hilfe eines scharfen Messers geschnitten werden, um so gesunder bleibt der Stock; Stummel müssen möglichst vermieden werden. Bei guter Behandlung der Stöcke geht die Ausschlagsfähigkeit nur langsam zurück. Rodung und Neukultur aber empfiehlt sich dann, wenn die Erträge nicht mehr befriedigen. Je besser der Boden an sich ist oder je mehr durch energische Düngung für Erhaltung der Produktionskraft des Bodens gesorgt wird, um so länger läßt sich der Termin der unter Umständen 500 bis 1000 M. für 1 ha erfordernden Neubegründung hinausschieben. In rationellen Flechtweidenbetrieben sind Reinerträge von 300 bis 500 M. für 1 ha und Jahr keine Seltenheit.

II. Kopfholzbetrieb.

§ 45. Der Betrieb ist gerichtet auf periodische Nutzung der an geköpften Laubhölzern und zwar an Baumweiden, Pappeln, Hornbaum, Robinie und Platane entstehenden Ausschläge. Eine weitergehende forstliche Bedeutung kommt dem Betrieb nicht zu, da meist nur Flußufer, Niederungsgebiete mit Ueberschwemmungsgefahr und Viehweiden als geeignet zur Besetzung mit Kopfbäumen angesehen werden. Hin und wieder ist die Ueberpflanzung rückgängiger Weidenheger mit Kopfbäumen von Weide und Pappel erfolgreich gewesen. Bei der Anlage von Kopfbaumkulturen empfiehlt sich die Verwendung bewurzelter Stämmchen aus Baumschulen mehr als die Verwendung der 2,5 bis 5 m langen, im Ankommen nicht ganz sicheren unbewurzelten Setzstangen. Der Umtrieb wird je nach Wuchsenergie und Verwendungszweck der Ausschläge bemessen und schwankt zwischen 3 Jahren (bei Weiden) und 6—8 Jahren bei Robinie, Platane usw. Die geernteten Ausschläge finden je

nach der Holzart als Flecht- und Faschinenmaterial, Bindweiden und vielfach als Futterlaub Verwendung. Bei der Nutzung werden die Ausschläge entweder dicht am Kopf oder unter Belassung längerer Stummel, sog. Hörner, weggenommen.

III. Schneitelholzbetrieb.

§ 46. Der hauptsächlich der Futterlaubgewinnung dienende Betrieb erstreckt sich auf die zeitweilige Wegnahme von Schaftreisern und Ausschlägen von Laubholzbäumen, deren Schaft unverkürzt geblieben oder erst in größerer Höhe geköpft worden ist. Die stärkeren Seitenäste werden gestummelt und die an den verbliebenen 30 cm langen Aststummeln sich bildenden Ausschläge periodisch genützt. Wiederkehr der Nutzung wie beim Kopfholzbetrieb.

Drittes Kapitel.

Künstliche Bestandesbegründung.

Vorbemerkungen. Arten der Begründung und Wahl zwischen Saat und Pflanzung.

Unter dem Einfluß des Umstandes, daß die oben (S. 49) genannten Vorteile der Kahlschlagwirtschaft augenfälliger und deshalb wirksamer hervortreten als ihre meist erst in der Folgezeit und langsamer bemerkbar werdenden Nachteile, sind Kahlschlagbetrieb und mit ihm künstliche Bestandesbegründung mehr und mehr in den Vordergrund getreten. Der modernen Forstwirtschaft mit ihrem Streben nach sicheren und raschen Erfolgen ist die Naturverjüngung leider nicht mehr zuverlässig und nicht mehr schnell genug. Bei der Kunstverjüngung hat der von der Mannbarkeit der zu verjüngenden Bestände und vom Eintritt der Samenjahre unabhängige Wirtschafter den Erfolg seiner Begründungsmaßnahmen relativ sicher in der Hand. Er kostet zwar Geld, dieser Erfolg, und zwar gemeinhin um so mehr, je sicherer er sein soll, aber er ist unter sonst normalen Verhältnissen auch da, schnell und leicht, und diese Vorzüge schlagen die Bedenken in die Flucht, die im Hinblick auf die Unsicherheit der Samenherkunft und auf die Forderungen der Bodenpflege in mehr oder minder erheblichem Maße entstehen müssen.

Die Kunstverjüngung erfolgt als Saat durch Samen oder als Pflanzung durch Auspflanzen ganzer Pflanzen (Kernpflanzen) oder von Pflanzenteilen (Stecklinge, Absenker, Stummelpflanzen usf.).

Wahl zwischen Saat und Pflanzung.

§ 47. Entscheidend ist, wie oben bei der Wahl zwischen natürlicher und künstlicher Bestandesbegründung, der Erfolg und sein Verhältnis zum Kostenaufwand. Dasjenige Verjüngungsverfahren ist das richtige, das unter den jeweilig vorliegenden waldbaulichen und wirtschaftlichen Verhältnissen den schnellsten und sichersten Erfolg mit den geringsten Kosten verspricht. Im einzelnen sind bei der Wahl zwischen Saat und Pflanzung folgende Punkte zu beachten:

a) die Sicherheit des Erfolges. Die Qualität des Kulturmateriales (Samen bei der Saat, Pflänzlinge bei der Pflanzung) kann hier nicht als Grund pro und contra verwertet werden, da die Verwendung nur guten Materiales als selbstverständlich vorausgesetzt werden muß. Immerhin bietet auch in dieser Hinsicht wie in vielen anderen Punkten die Pflanzung eine größere Garantie, denn sie gestattet bei hinreichendem Vorrat an Pflanzen „Auswahlpflanzung“ [1]), d. h. ausschließliche Verwendung kräftiger,

1) Der von Mayr (Waldbau auf naturgesetzl. Grundlage, S. 410, 426) stammende Ausdruck ist hier nicht im Sinne Mayrs gebraucht. M. versteht unter „Auswahlpflanzung“ ein Verfahren, bei welchem die besten und kräftigten Pflanzen in einem Verbande von 4—5 m ausge-

geradschaftiger guter Pflanzen, deren zufriedenstellendes Jugendwachstum eine ebensolche Weiterentwicklung erwarten läßt. Die Saat gestattet eine derartige künstliche Zuchtwahl nicht, sondern bringt auch bei Verwendung besten Saatgutes eine Menge minderwertiger Pflanzen auf die Fläche. Dieser Nachteil wird allerdings dadurch wieder ausgeglichen, daß unter der weit größeren Anzahl von Pflanzenindividuen, die bei der Saat auf die Fläche kommen, auch schnellwüchsige und gutveranlagte Pflanzen in mehr oder minder großer Menge vorhanden sind. Unter den Faktoren, welche den Kulturerfolg beeinflussen, ist zunächst die Witterung der ersten, auf die Ausführung der Kultur folgenden Wochen oder Monate, eventuell der nächsten Jahre zu nennen. Schädlich wirken vor allem Witterungsextreme, wie andauernde Trockenheit, Hitze, zu große Kälte, Fröste usw. Weder Saaten, noch Pflanzkulturen sind vor Schädigungen durch die je nach der Bodenbeschaffenheit und nach der Lage mehr oder weniger gefährlichen Witterungsextreme sicher; sie leiden aber unter sonst gleichen Verhältnissen in verschiedenem Maße. Trockenheit z. B., ebenso wie Hitze, werden, obwohl alles auf die Zeit ihres Eintritts ankommt, Pflänzlingen mit tiefer gehenden Wurzeln oft weniger gefährlich als Keimlingen. Gleiches gilt von Frösten, soweit es sich um das Ausfrieren handelt. Platzregen bringen an Hängen durch Abschwemmen einer Saat häufiger Schaden als einer Pflanzung. Starker Schneefall, längeres Liegenbleiben des Schnees kann einer jungen Saat, die vollständig überdeckt wird, durch Druck und Lichtentzug eher nachteilig werden als einer Pflanzung. Andererseits vermag eine dickere Schneedecke aber den Frostschaden zu vermindern. Die total von Schnee umlagerten kleineren Sämlinge leiden meist weniger als die über den Schnee mit ihren Gipfeltrieben herausragenden höheren Pflänzlinge, die namentlich in Spätwinter, wenn die Sonne schon wieder höher steigt und unter Tags stärkere Erwärmung erzeugt, leicht Spätfrostschaden aufweisen. Unter Schneeschaden und zwar Schneedruckschaden haben die aus Saaten hervorgegangenen Jungbestände auch dann meist mehr zu leiden als die Pflanzbestände, wenn sie sehr dicht geschlossen aufwachsen, so daß die einzelne Pflanze nicht gehörig zu erstarken vermag. Wenn auch die meteorischen Einwirkungen sowohl nach Art wie nach dem Grade ihrer Schädlichkeit nicht anders als im Sinne eines auf örtlicher Erfahrung beruhenden Wahrscheinlichkeitsschlusses in Rechnung gezogen werden können, so sind doch Saaten durch sie mehr gefährdet als Pflanzungen. Gleiches gilt weiter bezüglich des Unkrautwuchses. Es ist deshalb festzuhalten, daß auf nassen, trockenen, mageren Böden, auf allen zur Verunkrautung neigenden Standorten, in Frost- und Schneelagen und anderen irgend einer Gefahr ausgesetzten Oertlichkeiten die Pflanzung am Platze ist. Wo, wie auf sehr steinigen Orten, die Herstellung der Pflanzlöcher Schwierigkeiten verursacht, ist die Saat vorzuziehen. Letztere bewährt sich der größeren Pflanzenzahl wegen auch dort vielfach besser als die Pflanzung, wo tierische Schädlinge, namentlich Wild, Engerlinge und Rüsselkäfer als Kulturfeinde zu fürchten sind. Es steht in solchen Fällen zu hoffen, daß eine zur Bestandsbildung genügende Anzahl unbeschädigter Pflanzen auch dann übrig bleibt, wenn dem Tierfraß nicht oder nicht genügend entgegengetreten werden kann.

b) J u g e n d e n t w i c k l u n g d e r e i n z e l n e n P f l a n z e. Holzarten, die sich in den ersten Jugendjahren langsam entwickeln oder während dieser Zeit einer aufmerksameren Pflege bedürfen (Tanne, Sitkafichte, Douglasie, Esche, Ahorn, Ulme usw.) werden am besten gepflanzt, nachdem sie in Forstgärten bis zu der gewünschten Stärke herangezogen worden sind. Die Saat empfiehlt sich hingegen für jene Holz-

pflanzt werden. Zwischen je zwei dieser Pflanzen kommen zwei minder gute der gleichen Holzart, die nach Mayrs Ansicht späterhin den Zwischenbestand bilden sollen.

arten, deren Sämlinge starke Pfahlwurzeln entwickeln und deshalb nur schwer versetzt werden können (Walnuß, Hickory, Kastanie).

c) Entwicklung der jungen Kultur. Der bei einer gut aufgelaufenen Saat von vornherein meist verhältnismäßig dichte Stand der Pflanzen bewirkt, wenn nicht Unkräuterwuchs, Tierbeschädigung (durch Wild, Mäuse etc.), Frost und dergl. dies verhindert, einen dichteren, meist aber erst später eintretenden Schluß der Kultur. Sehr dichter Stand hemmt die Entwicklung der Einzelpflanze und ist, sofern nicht durch Verdünnung der Saat, durch Ausheben oder Ausschneiden für Vereinzelung der Pflanzen gesorgt wird, ein erhebliches Hindernis für die Entwicklung der ganzen Kultur. Dichte Saaten stocken sehr bald im Wuchs, sie „verbutten", wenn ihnen nicht rechtzeitig zu Hilfe gekommen wird, und diese Hilfe ist oft recht kostspielig. Anders die Pflanzung. Durch die gleichmäßige Verteilung der Pflanzen und den ihnen zur Verfügung gestellten größeren Wachsraum wird den einzelnen Individuen eine weit raschere und normalere Entwicklung ermöglicht. Außerdem hat die Pflanzung je nach dem Alter der verwendeten Pflanzen einen größeren oder geringeren Altersvorsprung. Infolgedessen tritt der Schluß in den Pflanzbeständen meist weit früher ein als in den gleich alten Saaten mit gleichem Abstand der Saatreihen oder Saatplätze. In den Pflanzungen kommt als verzögerndes Moment jedoch die mit der Kulturausführung verbundene Störung des normalen Entwicklungsganges der Einzelpflanze zum Ausdruck. Selbst bei sorgfältigster Kulturausführung bedeutet das Umsetzen einen gewaltsamen Eingriff in den Lebensprozeß der Pflanze. Die Notwendigkeit, anzuwachsen und neue Wurzeln an Stelle der beim Umsetzen beschädigten und verlagerten zu bilden, versetzt die Pflanze oft in einen Zustand des Kümmerns, der um so anhaltender und intensiver ist, je schlechter die Kulturausführung war und je älter die Pflanze zur Verwendung kam. Je jünger die in den Pflanzkulturen verwendeten Pflanzen sind, um so leichter wachsen sie an. Wenn sonst andere Gründe nicht die Verwendung älterer und stärkerer Pflanzen fordern, sind Pflanzungen mit jüngeren Pflanzen nicht nur billiger, sondern auch sicherer.

d) Wirtschaftszweck. In Gegenden, wo starke Nachfrage nach schwachen, bei den ersten Durchforstungen ausfallenden Sortimenten (Bohnen- und Zaunstängelchen, Baumpfählen, Hopfenstangen u. dergl.) vorhanden ist, kann die Saat mehr am Platze sein als die Pflanzung. Die aus Saaten hervorgegangenen dicht geschlossenen Jungorte geben weit mehr schwaches Durchforstungsmaterial her als die Pflanzbestände. Doch läßt sich auch in solchen durch Wahl eines engeren Verbandes etwaigen Bedürfnissen des Marktes nach Reisstangen u. dergl. gerecht werden. Meist liegt der Fall aber so, daß für die in großer Menge ausfallenden und gewöhnlich nur mit größeren Unkosten zu gewinnenden schwachen Sortimente jede oder wenigstens jede nennenswerte Absatzmöglichkeit fehlt. Der Wirtschafter hat dann, z. B. in allen verkehrsarmen Gegenden, weit mehr Interesse daran, Saaten zu vermeiden, weil sie ihm nur unnötige Arbeit und Kosten verursachen, ohne wesentliche Gegenleistungen zu bieten.

e) Kostenaufwand. Beschaffung des Kulturmateriales und Kosten der Kulturausführung wirken zusammen, sowohl bei der ersten Anlage wie bei etwaigen Nachbesserungen. Es fragt sich zunächst, ob zur Saat guter Samen billig zu haben ist oder nicht, und analog für die Pflanzung, mit welchem Aufwand die erforderliche Zahl tauglicher Pflanzen beschafft werden kann. Begreiflich liegen die Umstände von Fall zu Fall sehr verschieden. Gute Samenjahre begünstigen die Saat, während hoher Samenpreis, sowie nicht genügende Samenvorräte zur Pflanzung drängen. Hat man in natürlichen Verjüngungen oder auf Saatflächen brauchbares Pflanzenmaterial

kostenlos zur Verfügung, so wird man dieses benutzen. Müssen die notwendigen Pflanzen aber erst besonders angezogen werden, so sind die Art und Weise, wie es geschieht (Anzucht in Schutzbeständen, in Forstgärten oder Wanderkämpen usf.), sowie die Entfernung der Erziehungsstätte von der Kulturfläche zwei den Kostenpreis der Pflanzen wesentlich beeinflussende Faktoren. Der Kulturaufwand hängt weiterhin von der Schwierigkeit und Güte der Kulturausführung ab. Es ist zu erwägen, ob und welche Bodenvorbereitungen nötig sind. Durch solche können insbesondere Saaten leicht nicht unbeträchtlich verteuert werden. Ebenso gibt es gewisse Pflanzverfahren, z. B. die Hügelpflanzung, die infolge umfänglicher Vorarbeiten kostspielig werden. Bei der Saat geht das Aussäen des Samens, besonders dann, wenn geeignete Maschinen Verwendung finden können, meist rasch und ohne große Kosten von statten. Eine Kultur mit älteren und stärkeren Pflanzen pflegt sowohl hinsichtlich der Beschaffung des Kulturmateriales als auch bezüglich der Kulturausführung im allgemeinen teurer zu sein als die Saat. Läßt sich hingegen junges, schwaches Pflanzenmaterial und ein einfaches, förderndes Kulturverfahren anwenden, so kann sehr wohl die Pflanzung die billigere Kulturmethode darstellen und ihrer meist hohen Erfolgssicherheit wegen ratsam sein. Oertliche Erfahrung gibt über den für Nachbesserungen, Kulturpflege (Bekämpfung des Unkrautes, Abhaltung schädlicher Tiere usf.) in Aussicht zu nehmenden Kostenaufwand Aufschluß. Schließlich ist bei Beurteilung der statischen Seite von Saat und Pflanzung der bereits oben erwähnte Altersvorsprung der Pflanzung mit in Rechnung zu stellen.

f) Zeitaufwand. Da die für die Kulturausführung verfügbare Zeit hin und wieder, z. B. im Gebirge beim raschen Uebergang vom Winter in den Sommer, knapp bemessen ist, so kann die Schnelligkeit des Kulturvollzuges für die Wahl des Verfahrens bedingend werden, zumal wenn Arbeitskräfte nur in beschränkter Zahl zu haben sind und große Flächen zur Kultivierung vorliegen. Etwaige Bodenvorbereitung kann in solchem Falle oft schon im Herbst vor der Kulturzeit vorgenommen werden, so daß dann im Frühjahr das Kulturgeschäft sich weit rascher erledigen läßt. Die Saat ist im Hinblick auf den Zeitaufwand im allgemeinen die vorteilhaftere, d. h. schneller arbeitende Kulturmethode.

g) Die Maßregeln der Bestandeserziehung, insbesondere die Durchforstung, werden durch die Methode der Bestandesbegründung, wenn bei dieser nicht extreme Verhältnisse, z. B. sehr weiter Verband oder sehr dichte Saat, vorliegen, meist nur im Jugendalter der Bestände in beachtenswertem Maße beeinflußt. Die Unterschiede in der Bestandespflege von Saat- und Pflanzbeständen, die sich in öfterer Wiederkehr der Durchforstungen in den Saatbeständen und öfters in Schwierigkeiten bei der Herstellung einer gleichmäßigen Bestandesdichte in diesen bisweilen bis ins Stangenholzalter hinein bemerkbar machen, verschwinden späterhin, vorausgesetzt, daß in den Saatbeständen rechtzeitig die notwendigen Eingriffe geschehen sind.

h) Rücksicht auf gewisse Nebennutzungen. Grasnutzung, ev. auch Viehweide, ist in den Pflanzkulturen im allgemeinen leichter ausführbar als in den Saaten, namentlich in unregelmäßig bestandenen Saaten. Es bieten aber auch die Zwischenstreifen bei Reihensaaten eine ebenso gute Gelegenheit zur Entnahme des Grases, wenn man nur wartet, bis die Sämlinge einigermaßen heraus sind. Auch in dicht stehenden Nadelholzvollsaaten läßt sich der Auftrieb von Schafen unter Umständen ohne besondere Schädigung der Kultur bewirken.

i) In gewissen besonderen Fällen des Kulturbetriebes, z. B. bei Anlage von Alleen, Hecken, Uferbefestigungen, Weidenhegern, kommt stets die Pflanzung als Kulturmethode zur Anwendung.

Im Durchschnitt sämtlicher zu beachtender Faktoren ergibt sich beim Vergleich von Saat und Pflanzung ein unbedingtes Plus zugunsten der letzteren. Namentlich sind es die den Pflanzungen eigentümliche raschere Jugendentwicklung und Erstarkung, der damit zusammenhängende schnellere Schluß der Kulturen und die sehr beachtliche größere Widerstandsfähigkeit der Pflanzungen gegen meteorische Gefahren, die der Pflanzung ein nicht wegzuleugnendes Uebergewicht über die Saat verschaffen. Es ist aber gewiß nicht richtig, die Saat deshalb prinzipiell zu verwerfen, wie es hin und wieder geschieht. Das vollständige Verdrängen der Saat durch die Pflanzung ist nur in den höheren Gebirgslagen, nicht aber in der Ebene berechtigt.

Erster Teil.

Herstellung eines kulturfähigen Waldbodens. Urbarmachung.

Die natürliche Bestandesbegründung setzt in allen anderen Fällen, als demjenigen der Randbesamung, voraus, daß bereits Wald auf der Fläche vorhanden ist. Bei ihr kommt also die Frage, wie manche Böden in einen kulturfähigen Zustand gebracht werden können, kaum in Betracht. Hier sollen jetzt einige Fälle kurz berührt werden, in welchen vor dem Holzanbau gewisse Hindernisse einer erfolgreichen Kultur beseitigt werden müssen. Es handelt sich um die Aufforstung von Flächen, welche ohne spezielle Vorbereitung einen brauchbaren Waldbestand zu tragen unfähig sind. Im Gegensatz hierzu mögen diejenigen Operationen der Bodenbearbeitung, welche den Waldboden nicht gleichsam erst schaffen, sondern auf die Steigerung eines bereits vorhandenen Bodenproduktionsvermögens, bezw. auf besseres Anschlagen einer Mast, sicheres Gelingen einer Kultur, kräftigere Entwickelung der Bestände gerichtet sind, als unmittelbare Maßnahmen der Bestandesbegründung und -erziehung betrachtet und an der betreffenden Steell (als Vorarbeiten etc.) besprochen werden. Die hier in Betracht kommenden Fälle („Oedland" im weitesten Sinne) sind vornehmlich: Sümpfe, Flugsand, Raseneisenstein und Ortstein, Heide, Torfmoore. Grundlegende Erörterungen in bezug auf die in den Paragraphen 48 bis einschl. 53 besprochenen Arbeiten finden sich unter III. „Forstlichen Standortslehre" (Handbuch, 1. Bd.), auf welche hier verwiesen werden muß [1]).

§ 48. I. Behandlung von Sümpfen [2]): Die Frage bildet auch einen Gegenstand der Besprechung für den Forstschutz (vgl. Handbuch 2. Bd. VII.), weshalb hier nur einige Bemerkungen mehr allgemeiner Natur eine Stelle finden sollen. Jeder Ueberschuß an Wasser (für verschiedene Holzarten verschieden bemessen) ist im allgemeinen dem Holzwuchs nachteilig, ja macht diesen, wenn eine gewisse Grenze überschritten ist, meist unmöglich. Sollen Orte mit Wasserüberschuß kultiviert werden, so ist das Wasser vorher zu entfernen. Solche Orte finden sich in der Niederung, sowie in den ebenen Lagen und Becken der Gebirge. Im allgemeinen erleichtert das Höhenland den Abzug der atmosphärischen Niederschläge durch seine vielfach geneigte Lage (Einfluß der Schichtung, Wasseradern etc.). Alle Entwässerungsarbeiten sind nur auf Grund sorgfältigster Begutachtung aller ihrer Vor- und Nachteile einzuleiten. Erstere bestehen — abgesehen von dem indirekten Gewinn, welcher einer Gegend aus der Vermehrung ihres Waldbestandes erwachsen kann — in der Hauptsache in der Ermöglichung oder wenigstens Steigerung der Holzproduktion, letztere in den aufgewendeten Kosten, sowie in der durch Wasserentzug etwa herbeigeführten Schädigung umliegenden Geländes. Nicht dringend genug kann gefordert werden, die gegenseitige Abwägung nicht auf das in Frage stehende Grundstück allein

---

1) Zu vergl. Ramann, Forstliche Bodenkunde und Standortslehre. Berlin, 1893; dass. 3. Aufl. unter dem Titel Bodenkunde. 1911.

2) Vgl. Kaiser, „Beiträge zur Pflege der Bodenwirtschaft mit besonderer Rücksicht auf die Wasserstandsfrage". Berlin, bei Springer, 1883. Insbes. S. 46 ff — Burckhardt, „Säen und Pflanzen", 6. Aufl. S. 546 ff. — „Aus dem Walde" VIII. von 1877, S. 66 ff. — Reuß, „Ueber Entwässerung von Gebirgswaldungen" Prag 1874. — Kraft, „Zur Entwässerungsfrage" in „Aus dem Walde" VI, S. 112. — Emeis, Ueber Entwässerung des Kulturbodens. Allg. F.- u J.-Z. 1901, S. 46.

zu beziehen, sondern den Einfluß der geplanten Wasserstandsveränderung auf die Umgebung mit zu berücksichtigen [1]). Die Zuwachsverluste, welche hier eintreten können, ergeben in Verbindung mit dem durch die Entwässerung geforderten Baraufwand sowie den Kosten der nachfolgenden Kultur oft eine Aufwandssumme, welche geeignet ist, jeden noch so hohen auf der Fläche selbst zu erzielenden Holzwert zu paralysieren, bezw. geradezu in einen finanzwirtschaftlichen Verlust umzukehren. Insbesondere hat eine solche weitere Umschau hinsichtlich der Sumpfstellen der Gebirge einzutreten. Jedenfalls sollte, wenn irgend möglich, das an einer Stelle freigegebene Wasser dem Walde nicht gänzlich entzogen werden und damit für den Holzwuchs verloren gehen, sondern zur Bewässerung trockener Partien verwendet werden, indem man es nach solchen hinleitet, in Löchern, Gräben, kleinen Sammelweihern etc. staut und damit seitliches Einsickern in den Boden, sowie reichlichere Verdunstung, also vermehrte Feuchtigkeit und hierdurch besseren Pflanzenwuchs herbeiführt. In manchen Fällen ist man offenbar mit der Entwässerung zu weit gegangen. Da und dort haben sich deren Nachteile so bald gezeigt, daß man die bezüglichen Arbeiten unterbrochen, Gräben wieder beseitigt hat usw. Die „Wald- und Wasserfrage" — von einer solchen wird mit Recht geradezu gesprochen — bildete namentlich in der neueren Zeit, wo auch die Anlage von Wasserleitungen für Gemeinwesen vielfach zur brennenden Tagesfrage geworden ist, häufig den Gegenstand eingehender Erörterungen bei Versammlungen und in der Literatur. In Hinsicht auf Entwässerungen wurde hierbei stets zu äußerster Vorsicht gemahnt und der Grundsatz vertreten, daß das im Walde vorhandene Wasser dem Walde tunlichst erhalten bleiben solle, demgemäß das irgendwo im Uebermaß auftretende Wasser entsprechend zu verteilen, nicht aber zu entführen sei.

Erweist sich die Entfernung des Wassers auf Freiflächen, Kulturen usw. als rätlich, so sind zunächst die Ursachen des Wasserüberschusses festzustellen. Stets rührt dieser von übermäßiger, die Verdunstung und den Abfluß übersteigender Wasserzufuhr her. Diese ist für die Folge hintanzuhalten: Dämme gegen Ueberschwemmung seitens fließender Gewässer; oberhalb der zu schützenden Fläche anzulegende Sammelgräben zum Auffangen und demnächstiger Ableitung von Wassermengen, die an Hängen zumal auf undurchlassender Schicht herabkommen. Oder es ist der Abfluß, bezw. die Verdunstung zu beschleunigen, damit das gewünschte Verhältnis hergestellt werde. Bilden undurchlassende, nicht zu mächtige Schichten (in ebener Lage oder in Einsenkungen) das Hindernis des Wasserabzugs, so kann sich unter Umständen schon das stellenweise Durchstoßen derselben als Abhilfe empfehlen. Anderenfalls müssen etwa vorhandene Wasserrinnen (Gräben, Bäche etc.) vermehrtes Gefäll erhalten, oder es sind Grabensysteme neu anzulegen. Hierbei finden offene Gräben im Walde mehr Anwendung als bedeckte (Drains hauptsächlich nur zur Entwässerung kleinerer Stellen in Forstgärten usw.). Ein genaues Nivellement ist oft erforderlich, bei größeren Objekten (Entwässerung ausgedehnterer Flächen) meist unentbehrlich. Sauggräben zum unmittelbaren Herausziehen des Wassers aus dem Boden, Verbindungsgräben, Abzugsgräben werden bei der Durchführung in geeigneter Weise zu einem Grabensystem verbunden.

In allen Fällen ist zu erwägen, ob vollständige Wegführung des Wassers (oft infolge dessen zu weit gesteigerte Trockenheit im Sommer!) an der betr. Oertlichkeit angezeigt ist, oder ob nicht vielmehr schon die Senkung des Wasserspiegels um einen gewissen Betrag die gewünschte Kultur ermöglicht. In letzterem Falle wird auf die

---

1) Vergl. Rettstadt, „Ueber den Einfluß der Senkung von Seespiegeln auf benachbarte Forsten", in „Aus dem Walde" VII. von 1876, S. 219 ff.

Verbindung der Gräben mit den natürlichen Wasserabzugsrinnen (Bäche, Flüsse) verzichtet; entsprechend tief eingeschnittene Stückgräben, Löcher usw. können genügen, der Wasserstand in ihnen gestattet die Beurteilung des Erfolges.

§ 49. II. Flugsand [1]): Der als Flugsand bezeichnete feinkörnige, bindemittelarme und deshalb vom Winde leicht fortbewegte Sand findet sich am Meere als Dünensand und im Binnenland als Binnensand. Seine Entstehung ist am Meere auf die fortgesetzte Zuführung neuer Sandmassen, im Binnenlande meist auf fehlerhafte wirtschaftliche Behandlung leichter Sandböden, Waldverwüstung, intensive Streu- und Weidenutzung und Liegenlassen der entwaldeten und abgebrannten Flächen zurückzuführen. Man bezeichnet die zum Oedland gehörenden binnenländischen Sandgebiete vielfach als Sandschollen oder Sandschellen und erkennt in ihrer Ueberführung in Kulturboden gleichwie in der Bindung und Aufforstung des Dünensandes eine der wichtigsten Aufgaben der modernen Kulturtechnik. Voraussetzung für die forstliche Kultur des Flugsandes ist seine Bindung, d. h. seine Beruhigung mit Hilfe der sog. Deckwerke.

1. Bindung und Kultur von Binnensand [2]). Als Vorarbeit empfiehlt sich neben Fernhaltung aller bodenlockernden Maßnahmen (Vieheintrieb, Befahren mit Fuhrwerken) reine mechanische Einebnung der gröbsten Unebenheiten, bestehend in sanfter, glatter Abschrägung schroffer Ränder der ausgewehten Sandkehlen, Abtragung der Firste und Köpfe der Dünen, Abböschung steiler, zerklüfteter Seiten. In den Sandkehlen wirkt Aufstellen von Fangzäunen und Einfüllung sperrigen Reisigs und Strauchwerks planierend. Die dann folgende Deckung, d. h. die Beschwerung des Landes mit Reisig, beasteten Kiefernstangen, Hackreisig (Häcksel), Heidekraut, Schilf, Besenpfrieme, Rohr, Binsen oder anderen sich örtlich darbietenden Unkräutern, besser noch mit schachbrettförmig, streifenweise oder quartierweise ausgelegten Plaggen von Rasen, Heide oder Beerkräutern beginnt auf der Windseite und sorgt für Beruhigung der dem Winde am meisten exponierten Rücken und Seiten der Sandhügel. Es ist selbstverständlich, daß von der Art und Dichte der Deckung der Erfolg wesentlich beeinflußt wird. Je leichter das Deckmaterial, um so notwendiger ist es, durch verankerte Querstangen, Bewerfen mit Sand usf. für Festliegen zu sorgen. Plaggen, die mit der Wurzelschicht nach unten gelegt, anzuwachsen vermögen, sind am sichersten, aber am teuersten. Die Verwendung von aufrecht gestellten Flechtzäunen (Koupierzäunen), die netzförmig die zu bindende Fläche durchziehen und zum Brechen des Windes und Aufhalten des bewegten Sandes dienen, ist beim Dünenbau häufiger. Sie haben sich aber auch bei der Bindung von Binnensanden und zwar um so besser bewährt, je enger sie gestellt und je kleiner dann die von ihnen gebildeten Quartiere wurden. Die Aufforstung der Flugsandböden erfolgt gleichzeitig mit ihrer Festlegung oder bald hinterher und geschieht durch Pflanzung von Kiefer, Bergkiefer, Bankskiefer, Pechkiefer. Hin und wieder sind auch Laubhölzer, namentlich Weiden und Pappeln, in Ungarn in großem Maßstabe und mit Erfolg die Robinie, verwendet worden. Die früher öfters angewendete Saat (Zapfensaat) hat sich beim Kiefernanbau weniger bewährt als die Pflanzung mit Ballenpflanzen oder kräftigen 2jährigen verschulten ballenlosen Pflanzen. Kann Düngung mit der Pflanzung verbunden werden, so ist das im Interesse der Er-

1) Vergl. Wessely, „Der Europäische Flugsand und seine Kultur", 1873.

2) Kerner, Die Aufforstung des Flugsandes im ungarischen Tiefland. Oesterr. Monatsschrift f. Forstwesen 1865, S. 3. — Burckhardt, Zur Kultur des Flugsandes. A. d. Walde, 8. Hft. 1877, S. 167. — Meschwitz, Die Flugsandbindung und der Wiederanbau auf einer Militärpachtfläche des Dresdener Forstreviers. Thar. Jhrb. 1882, S. 138.

höhung des meist nur sehr geringen Nährstoffgehaltes des Flugsandes nur erwünscht. Besonders wertvoll ist die Zuführung von Stickstoff durch Lupinenanbau oder durch Beigabe von Moorerde und anderen Humusstoffen bei Herstellung der Pflanzlöcher.

2. Bindung und Kultur von Dünensand[1]). Daß speziell der Bindung und event. Bewaldung der Düne längs der Meeresküste im allgemeinen Kulturinteresse eine hervorragende Bedeutung zukommt, liegt auf der Hand. Umfängliche Arbeiten haben in dieser Richtung z. B. in Südwestfrankreich, aber auch in den deutschen Küstengebieten (z. B. Ostpreußen: kurische Nehrung usw.) stattgefunden und werden mit großer Energie fortgesetzt. Die wichtigste vorbereitende Arbeit bei der Aufforstung des Dünengeländes ist die Schaffung einer Vordüne, die den Zweck hat, den von der See kommenden Sand auch längs der See festzuhalten und die unausgesetzte Sandzufuhr nach dem Festlande zu verhindern. Die Vordüne wird dadurch künstlich angelegt, daß man entlang der Küste und in entsprechender Entfernung vom Wasserspiegel (40—50 m an der Ostsee, 75—100 m an der Nordsee) in der Richtung der geplanten Düne zwei 0,6—0,7 m hohe lockre Strauchzäune in 2 m Abstand voneinander im Frühjahr fertigt. Sobald sie versandet sind, was innerhalb der folgenden Wochen geschieht, werden 2 neue Zäune auf der Krone des entstandenen Sanddammes errichtet, die bis zum Herbst ebenfalls versanden. Der so gebildete 1,5 m hohe Sandwall wird im Herbst mit Sandgras (Amophila arenaria oder Elymus arenarius) bepflanzt und zwar auf der Seeseite netzweise, auf der Binnenseite nur in parallelen, 2 m voneinander entfernten senkrecht an der Dünenböschung herablaufenden Reihen. Bei der Graspflanzung werden die auf der seeseitigen Böschung angewendeten 4 qm großen Netze auch im Innern mit Grasbüscheln besetzt, sie werden „ausgebüschelt" und zwar um so dichter, je höher an der Dammkrone sie liegen. Da das Gras den vom Strande antreibenden Sand festhält, verbreitert und erhöht sich die Vordüne nach und nach. Je breiter ihre Basis im Vergleich zur Höhe wird und je flacher ihre Außenböschung ist, um so größer ist ihre Widerstandsfähigkeit. Die fertige, an der Ostsee 6 m, an der Nordsee 8—10 m hohe Vordüne bedarf einer ständigen und sorgfältigen Unterhaltung, Pflege und Beaufsichtigung, damit den durch Wasser und Wind herbeigeführten Schäden sofort mit Graspflanzungen und Errichtung von Strauchzäunen entgegengetreten werden kann. Sobald die Vordüne den von der See ausgeworfenen Sand vollständig zurückhält, kann mit der Festlegung und Aufforstung der landeinwärts gelegenen Dünenrücken, der Binnendünen, begonnen werden. Man folgt hierbei der Windrichtung, beginnt also hinter der Vordüne und rückt landeinwärts vor. Von dem früher geübten Verfahren, die Festlegung der Dünen durch Sandgraspflanzung zu besorgen und erst nach 5 bis 6 Jahren die Aufforstung folgen zu lassen, ist man jetzt abgekommen, weil die Aufforstung in diesem Falle in dem mittlerweile fest gewordenen Boden tiefgehende und kostspielige Lockerung notwendig macht. Die Festlegung der Dünen geschieht jetzt meist durch Bestrauchung, d. h. durch netzförmiges Bestecken mit Nadelholzreisig oder abgestorbenem Rohr. Man wählt hierbei je nach der Gefährlichkeit der festzulegenden Stellen eine engere oder größere Maschenweite und steckt an besonders gefährdeten Oertlichkeiten noch die Diagonalen der viereckigen Felder aus. Das Besteck wird 50 cm lang genommen und mittels Spatens so in den Boden geklemmt, daß $^3/_5$ herausstehen. Im unmittelbaren Anschluß an die im Herbst vorgenommene Bestrauchung werden in den Ma-

1) Gerhardt, Handbuch des deutschen Dünenbaues. Berlin 1900. — Jentsch, Dünenbefestigung und Aufforstung im südwestlichen Frankreich. Forstw. Zentralbl. 1907, S. 10, 77. — Quéritet, Boisement de dunes et de bruyères en Danemark. Bull. de la Soc. centrale forestière de Belgique 1909, S. 157. — Bock, Der Dünenbau. Bericht üb. d. Vers. des deutschen Forstvereins zu Danzig 1906, S. 70.

schen je nach ihrer Größe mehr oder weniger Pflanzplätze für die im zeitigen Frühjahr folgende Bepflanzung fertig gemacht. Die Vorbereitung dieser Plätze geschieht am besten durch Mischung des Sandes mit Humus, humosen Lehm oder Moorerde, also durch Düngung. Die Beigabe von Kainit und Superphosphaten scheint nach den vorliegenden Erfahrungen ebenfalls günstig zu wirken. Die Pflanzplätze dürfen, um den notwendigen schnellen Schluß der Kultur zu erreichen, nicht über 1 m von einander entfernt sein und werden so zeitig wie möglich im Frühjahr mit je 4—8 Pflanzen bester Beschaffenheit bepflanzt, damit kleine Horste entstehen. Als Holzart kommen hauptsächlich Kiefer und Bergkiefer, in beschränktem Maße Fichte und Weißfichte, in den feuchten und nassen Einsenkungen Schwarzerle und Birke in Betracht. Außer diesen sind stellenweise Schwarzkiefer, Pech- und Bankskiefer, auch Rüster, Pappeln, Weiden und Weißerle angebaut worden. Am besten hat sich nach den in Dänemark und Ostpreußen gesammelten Erfahrungen die Bergkiefer und zwar P. montana var. uncinata bewährt. Sie hält sich dicht geschlossen, schützt dementsprechend den Boden vor den schädigenden Einflüssen von Wind und Sonne gut und ihre dichten, derben Nadeln sind gegen die vom Winde angetriebenen Sandkörner und Eiskrystalle ebenso unempfindlich wie es die ganze Pflanze gegen Winterfrost, plötzliche Temperaturschwankungen und Sturm ist. Die gemeine Kiefer ist den Einflüssen der See und Seewinde weniger gewachsen und stellt sich auf trockenem, armen Dünenboden leicht licht. Eine wesentliche Bodenbesserung ist von ihr hier nicht zu erwarten. Auf frischeren Stellen und in geschützteren Lagen aber ist sie brauchbar. Man pflanzt sie meist 1jährig, die Bergkiefer 2jährig. Fichte ist weder wind- noch seefest und paßt nicht für die Seenähe. Viel geeigneter scheint infolge größerer Widerstandsfähigkeit die Sitkafichte zu sein. Die amerikanische Weißfichte (Picea alba), die man mehrfach zur Bildung von Windmänteln benutzte, ist ebenso empfindlich wie excelsa, macht aber geringere Ansprüche an die Bodengüte und Bodenfrische. Die Schwarzerle endlich hat sich, hinreichende Feuchtigkeit vorausgesetzt, ganz befriedigend selbst auf ziemlich ausgewaschenem Seesand entwickelt und ist gegen Wind und Sand ähnlich unempfindlich wie die Hakenkiefer. Die Kosten der Aufforstung einschl. Bestrauchung sind natürlich hoch und stellen sich für 1 ha auf 1000—1200 Mk. Bei Verwendung guter Pflanzen sind größere Nachbesserungen aber nicht nötig. Sie müssen aber, auch wenn es sich um kleine Fehlstellen handelt, so schnell wie möglich und sorgfältig ausgeführt werden, damit der Boden bald gedeckt wird.

§ 50. III. Raseneisenstein und Ortstein[1]): Die durch anorganische oder organische Absätze gebildeten Schichten beeinträchtigen den Pflanzenwuchs, indem sie das Eindringen der Wurzeln sowie des Wassers in die Tiefe (Versumpfung) und das Aufsteigen des Grundwassers aus der Tiefe hindern. Mangelhafte Bodendurchlüftung wirkt ebenfalls schädlich. Bei der häufigsten hierher gehörigen Erscheinung, der Ortsteinbildung, kommt hinzu, daß die zum Entstehen des Ortsteins führende Anhäufung von Trockentorf eine totale Auslaugung und Verdichtung der oberen Bodenschicht zur Folge hat. Diese Verarmung und Verödung der Ortstein-

1) Ueber Wesen und Entstehung von Ortstein, vgl. Handbuch Bd. I, III. Standortslehre. — Vgl. überdies Albert, Beitrag zur Kenntnis der Ortsteinbildung. Zeitschr. f. F.- u. Jw. 1910, S. 327. — A. Mayer, Ueber die Ursachen der Bildung von Ortstein. Fühlings Landw. Ztg. 1910, S. 315. — Emeis, Waldbauliche Forschungen und Betrachtungen. Berlin 1876. — Ders., Die Ursachen der Ortsteinbildung und ihr Einfluß auf die Landeskultur in Schleswig-Holstein. Allg. F.- u. J.-Z. 1908, S. 1. — Otto, Erfahrungen über die Oedlandaufforstungen im Heidegebiet Nordwestdeutschlands. Bericht üb. d. 4. Vers. d. deutsch. Forstver. 1903, S. 83 ff. — Schimmelpfennig, „Der Dampfpflug im Dienste der Forstwirtschaft" in der Zeitschr. für Forst- u. Jagdwesen V. Band (1873) S. 161 ff. — Müller, Die natürlichen Humusformen, 1887. — Ramann, Bildung und Kultur des Ortsteins. Zeitschr. f. Forst- u. J. 1886, S. 14.

böden ist in gleichem Maße mitwirkend bei deren Minderwertigkeit wie ihre durch die Ortsteinbildung bedingte Flachgründigkeit. Sowohl Raseneisenstein wie Ortstein bilden sich, wo die Bedingungen dafür gegeben sind, fortwährend. Mittels streckenweisen Durchbrechens jener Schichten wird die Verbindung zwischen Oberboden und Untergrund hergestellt. Beim Raseneisenstein erfolgt das Herausbrechen zumeist unter Anwendung von Spitzhaue und Rodhacke. Da sich mächtige geschlossene Raseneisensteinbänke meist in feuchten Gebieten finden, wo eine Senkung des Wasserspiegels der Kultur voraufgehen muß, und die Bearbeitung des Raseneisensteins teuer, die erzogenen Bestände aber oft minderwertig sind, bietet die waldbauliche Behandlung solcher Flächen häufig keinen greifbaren Vorteil.

Auch beim Ortstein muß, wenn er nicht zu tief und mächtig liegt und wenn Abführung eines etwa vorhandenen Wasserüberschusses nicht notwendig ist, eine gründliche Zerstörung der verhärteten Schicht eintreten. Das kann nur durch Tiefumbruch geschehen. Welcher Werkzeuge man sich hierbei bedient, hängt von der Größe und Ebenheit der Fläche ab. Die früher vielfach angewendete Methode, mit Hilfe des Spatens den Ortstein zu durchbrechen und durch Umkehren der Schichtlage herauszuheben, ist für den Großbetrieb zu teuer, denn der ha kostet selbst bei nur streifenweisem Rigolen 200—300 M. Im Großbetriebe kommt nur die Pflugkultur in Betracht; sie gestattet, die Ortsteinschicht, so lange sich diese in erreichbarer Tiefe befindet, zu durchbrechen und nach oben zu bringen. Eine Methode, die den Ortstein nicht an die Oberfläche bringt, hat keinen Wert, weil sich Ortstein nur bei vollem Luftzutritt zersetzt. Bei der Pflugkultur wendet man teils Gespann-, teils Dampfpflüge an. Letztere arbeiten ohne wesentliche Erhöhung der Kosten besser, da sie einen bis 80 cm tiefen Umbruch fertig bringen, während der von Pferden gezogene Pflug nicht tiefer als 50 cm arbeitet. Gewöhnlich werden beim Pflügen mit Pferden 2 Pflüge verwendet. Die von einem Vorpfluge oder Schälpfluge geöffnete Furche wird von dem nachfolgenden Untergrundpfluge tiefer durchgearbeitet und umgebrochen. Ob voller oder nur teilweiser Umbruch der Fläche angezeigt ist, hängt von den Verhältnissen ab. Der geringere Kostenaufwand der streifenweisen Bearbeitung spricht scheinbar für allgemeinere Anwendung dieser Methode. Im großen ganzen aber ist der Kostenunterschied kein sehr erheblicher, so daß namentlich beim Dampfpflügen Vollumbruch der Fläche ratsam ist. Bei streifenweisem Pflügen müssen die gepflügten Streifen mindestens 2 bis 3 m breit genommen werden. Schmale Streifen haben den Nachteil, daß der Boden hier in verstärktem Maße ausgelaugt wird, weil sich die Sickerwässer nach den durchbrochenen Stellen hinziehen. Aus demselben Grunde ist auch das löcherweise Durchbrechen der Ortsteinschicht nicht empfehlenswert. Löcherweise Bodenbearbeitung läßt sich aber gewöhnlich auf unebnen, hügeligen Ortsteinböden nicht umgehen, weil hier mit dem Pfluge nichts zu machen ist. In solchem Falle ist es erwünscht, die Löcher wenigstens möglichst groß zu machen, da sie sonst, ebenso wie schmale Streifen, Gefahr laufen, bei dem verhältnismäßig raschen Nachwachsen des Ortsteins sich schneller wieder zu schließen, ehe die Pflanze mit ihren Wurzeln in den Untergrund gelangt ist. Die Kosten des Pflügens stellen sich bei Verwendung von Gespannpflügen bei gleicher Leistung höher als bei Verwendung des Dampfpfluges, sind aber im ersteren Falle meist etwas geringer, weil weniger tief gepflügt wird. Sie schwanken bei Gespannpflügen und streifenweiser Bodenbearbeitung zwischen 60 und 110 Mk. und stellen sich bei Dampfpflugarbeit und Vollumbruch selbst unter schwierigen Verhältnissen im allgemeinen nicht höher als 100 bis 110 Mk. für 1 ha. Je größer die Flächen sind, die mit dem Dampfpfluge gepflügt werden, um so billiger wird die Arbeit. Stark verheidete Ortsteinböden werden vor dem Dampfpflügen zweckmäßigerweise abgebrannt,

um die Arbeit zu erleichtern und das Unterbringen der schwer zersetzbaren Heidepolster zu verhindern.

Liegt die Ortsteinschicht sehr tief oder unter einer Moorschicht, handelt es sich in Bodeneinsenkungen um Abführung überschüssigen Wassers und um Beseitigung stauender Nässe, so läßt sich die notwendige Entwässerung zwar hin und wieder mit der Pflugkultur verbinden, indem offen liegen bleibende Furchen so weit vertieft werden, daß sie als Abzugsgräben wirken, im allgemeinen aber wird in den angeführten Fällen Rabattierung notwendig werden, um den Boden in kulturfähigen Zustand zu bringen. Man hebt gleichlaufende, hinreichend tiefe (1—1,2 m) und die Ortsteinschicht durchbrechende Gräben aus und bringt den Ortstein und die unter diesem liegende unverdorbene Bodenschicht auf die Beete oder Bänke, die, wenn die Rabattierung wirksam sein soll, möglichst nicht über 4 m breit gemacht werden dürfen. Je breiter sie werden, um so billiger stellt sich zwar die an und für sich sehr kostspielige Kulturmaßregel, um so mehr läßt aber auch die Wirksamkeit der Rabattierung nach. Bei richtiger Ausführung hat sich die Rabattenkultur meist als ein sehr vorteilhaftes Verfahren gezeigt, das sowohl in bezug auf Bodenverbesserung durch Trockenlegung und bessere Durchlüftung, wie auch in bezug auf das Wachstum der auf den Beeten geschaffenen Kulturen voll befriedigte. Leider ist es, sobald die Gräben in der wünschenswerten nahen Entfernung voneinander gezogen werden, so teuer, daß seine Anwendung im Großbetrieb nicht rentabel ist. Die Kosten der Rabattierung betragen für 1 ha 250—350 Mk.

Ob sich überhaupt sowohl bei diesem Verfahren wie bei der billigeren Pflugkultur der Aufwand für die Bodenmelioration im Holzertrage bezahlt macht, ist von Fall zu Fall Gegenstand besonderer Rechnung. Vielenorts scheint der Holzwuchs die Ausgabe zu lohnen [1]).

In engstem Zusammenhange mit der Urbarmachung der Ortsteinböden steht die der

§ 51. IV. Heideböden [2]). In vielen Fällen, aber keineswegs immer, sind die vorgenannten Ortsteinböden mit Heideböden identisch. Die Ortsteinbildung ist, wie große ausgedehnte, völlig ortsteinfreie Heideflächen beweisen, keine Vorbedingung der Verheidung, wohl aber finden sich Ortsteinbildung und Verheidung oft zusammen und sind auf die schon oben genannten Ursachen (Waldverwüstung, rücksichtslose Streunutzung, Trockentorfbildung und damit zusammenhängend Auslaugung, Austrocknung und Verdichtung der oberen Bodenschicht, Vermoorung, Senkung des Grundwasserspiegels) zurückzuführen. In Deutschland finden sich große durch Zurücktreten des Baumwuchses und durch mehr oder weniger üppiges Auftreten der Heidepflanzen, namentlich von Calluna vulgaris und Erica tetralix, ausgezeichnete Heidegebiete im Nordwesten (Lüneburger Heide, Ostfriesland, Schleswig-Holstein, Westfalen, Mecklenburg), an der Ostseeküste (Mecklenburg, Pommern, Westpreu-

1) Kraft, Ueber Ortsteinkulturen, Zeitschr. f. Forst- u. J. 1891, 709. — Ortsteinaufforstung mit Kiefer in der preuß. Oberförsterei Nienburg (Vers. des Vereins deutscher forstl. Versuchsanstalten, 1894, cfr. Allg. Forst- u. J.-Z. 1895, 26).

2) Graebner, Die Heide Norddeutschlands und die sich anschließenden Formationen in biologischer Betrachtung, 1901. 2. Aufl. u. d. Tit.: Handbuch der Heidekultur, 1904. — Erdmann, Die Heideaufforstung und die weitere Behandlung der aus ihr hervorgegangenen Bestände. Berlin 1904. — Ders., Die nordwestdeutsche Heide in forstlicher Beziehung. Berlin 1907. — Emeis, Waldbauliche Forschungen, Berlin 1876. — Borggreve, Heide und Wald. Berlin 1875. — Bericht üb. d. IV. Vers. des deutschen Forstvereins zu Kiel 1903, S. 83 ff. (Otto, Quaet-Faslem, van Schermbeek, Hahn); desgl. VII. Vers. zu Danzig 1906 (v. Sydow: Forstliche Behandlung der Oedländereien in Westpreußen, S. 49). — Metzger, Ueber die Heide in Jütland und deren Aufforstung. Mündener forstl. Hefte XIII. 1898 und sehr zahlreiche andere Artikel der forstl. Zeitschriften.

ßen), in Brandenburg (Prignitz) und in der Lausitz. An das nordwestdeutsche Heidegebiet schließen die jütländischen und niederländischen Heiden an.

Ueber die Frage der Heideaufforstung wird schon seit lange Streit geführt, d. h. insbesondere auch darüber, ob unsere ausgedehnten Heideflächen in früherer Zeit einmal Wald getragen haben oder nicht, sowie darüber, ob die Kosten etwaiger Aufforstung sich in den zu erziehenden Beständen lohnen werden. Die Debatte im einzelnen zu verfolgen, würde hier zu weit führen. Der Gedanke, die ausgedehnten Heideflächen dem Walde zu gewinnen, liegt gewiß nahe, umsomehr, als es sich zum großen Teile um ein Wiedergewinnen handelt.

Denn von einem großen Teile des jetzigen nordwestdeutschen Heidegebietes steht fest, daß sich früher, und zwar vor nicht langer Zeit, Wald dort vorfand, wo jetzt die Heide herrscht. Der zunächst im ehemaligen Kgr. Hannover durch Burckhardt angeregte und lebhaft geförderte Aufforstungsgedanke begegnete auf vielen Seiten Bedenken hinsichtlich der Rentabilität. Man wies von gegnerischer Seite darauf hin, daß die Heideflächen auch ohne Wald keineswegs ganz ertraglos seien, sondern durch Schafweide, Plaggenhieb und Streunutzung Erträge brächten, und daß der finanzielle Effekt der Aufforstung mindestens zweifelhaft sei. Erfreulicherweise haben sich staatliche und kommunale Körperschaften dadurch nicht abhalten lassen, sich der Aufforstung von Heideböden mit aller Energie zuzuwenden. Es sind schon sehr bedeutende Mittel für Aufforstungszwecke verausgabt worden. In Schleswig, Hannover und Dänemark bildeten sich besondere Heidekulturvereine und nahmen sich der Aufforstungsfrage auf das Tatkräftigste an. In Hannover haben sich neben Forstdirektor Burckhardt namentlich der Leiter der Provinzialforstverwaltung, Landesforstrat Quaet-Faslem, in Schleswig der Vorstand des Heidekulturvereins, Forstdirektor Emeis, große Verdienste um die Heideaufforstung erworben. In Hannover sind bis 1903 unter Quaet-Faslems Mitwirkung 20 000 ha, in Schleswig-Holstein seit 1876 bis 1903 17 000 ha Heideödland aufgeforstet worden. Die 1867 gegründete dänische Heidegesellschaft hat bis 1905 55 000 ha „Plantagen“, d. h. Aufforstungswälder angelegt.

Die Aufforstungstechnik auf Heideböden hat ihre Maßnahmen so zu treffen, daß die den Heideböden anhaftenden waldbaulichen Mängel möglichst verschwinden. Worin diese waldbaulichen Mängel bestehen, darüber herrscht keine volle Uebereinstimmung. Während Graebner den Grund für die kümmerliche Entwicklung der Waldvegetation in der Hauptsache in einer weitgehenden Nährstoffarmut erblickt und dementsprechend Düngung für unumgänglich ansieht, steht Erdmann auf dem Standpunkt, daß die wirtschaftliche Hilfe ihr Hauptaugenmerk auf die Besserung der physikalischen Eigenschaften richten muß. Die Wiedergesundung der erkrankten und zum Teil hochgradig erkrankten Heideböden hat nach Erdmann zur Voraussetzung, daß dem Boden durch geeignete Vorbereitung und durch Auswahl der richtigen Holzarten und der richtigen Bestandszusammensetzung die ihm fehlende Durchlüftbarkeit wiedergegeben und erhalten wird. Alle Heideböden neigen ihrer Kalkarmut wegen zur Rohhumusbildung und steigern diese Neigung mit zunehmender Luftfeuchtigkeit und Niederschlagsmenge. Die auf eine dauernde Melioration gerichteten forstwirtschaftlichen Maßnahmen haben deshalb ihre Aufgabe nicht nur in der Beseitigung und Zerstörung der zur Zeit der Aufforstung vorhandenen Rohhumusschichten zu erblicken, sondern wesentlich auch in der Beschaffung einer Waldbestockung, die der ferneren Rohhumusbildung nicht Vorschub leistet.

Nach der wechselnden Beschaffenheit der Heideböden bedingt ihre Urbarmachung teils eine bloße Bodenvorbereitung, teils eine neben dieser notwendig werdende, mehr oder weniger weitgehende Melioration. Von den bereits unter III. betrachteten Ortsteinböden abgesehen, bei denen Tiefumbruch, Entwässerung oder Rabattierung Vorbedingungen einer erfolgreichen Kultur sind, verlangen die Heideböden Zerstörung der Bodendecke, Bodenlockerung und in nicht seltenen Fällen künstliche Zuführung von Nährstoffen.

Bei der Zerstörung der Bodendecke handelt es sich einmal um Vernichtung des lebenden Heidekrautes durch Absicheln oder Abbrennen — Unterpflügen empfiehlt sich nicht —, sodann um Beseitigung der den Boden abschließenden und das Gedeihen der jungen Holzpflanzen schwer beeinträchtigenden Heidehumus-

schicht. Das hierbei empfehlenswerteste Verfahren, den Heidehumus durch Mischung mit dem Mineralboden nicht nur unschädlich, sondern durch Ausnutzung seiner Nährstoffe noch dienstbar zu machen, hat nur bei schwachen Humusdecken praktische Bedeutung. Das Unterbringen und Vermischen stärkerer Heidehumusmassen mit Spaten oder Pflug aber führt infolge der außerordentlich langsamen Zersetzung dieser Massen zu weitgehenden Schädigungen des älter werdenden Bestandes. Eher empfiehlt sich, jedoch wiederum zunächst nur bei schwachen Heidehumusdecken, die Zerreißung der Schichten und ihre Vermengung mit dem Boden mit Hilfe des Waldgrubbers, der dänischen Rollegge oder eines anderen der neuzeitlichen Wühlwerkzeuge. Stärkere Schichten bedürfen, wenn sie auf diesem Wege zermürbt werden sollen, einer innerhalb mehrerer aufeinander folgender Jahre mehrfach wiederholten Durcharbeitung. Diese wirkt um so besser, wenn gleichzeitig durch Kalkzufuhr für Entsäuerung und raschere Zersetzung des Rohhumus gesorgt wird. Wo man beim Vorliegen mächtiger Heidehumusschichten keine Zeit hat, die letztgenannte gute, aber zeitraubende und teure Methode zur Anwendung zu bringen, tut man gut, auf mechanische Beseitigung der Heidehumusschicht zuzukommen.

Die Bodenlockerung ist im allgemeinen in ihrer Wirkung um so nachhaltiger und besser, je gründlicher, d. h. je tiefer sie besorgt wird und je mehr eine Umlagerung und Mengung der oberen und tiefer gelegenen Bodenschichten mit ihr verbunden ist. Löcher- oder platzweise Bodenbearbeitung mit Spaten oder Wühlspaten ist nur auf ortfreiem Boden und dort angebracht, wo kein Pflug hin kann. Wo Pflugarbeit möglich ist, ist die dadurch bewirkte Lockerung, und zwar die Tieflockerung, die beste Kulturvorbereitung für Heideböden. Nur auf den feinkörnigen Böden verpufft ihre Wirkung sehr rasch, weil sich diese Böden bereits nach kurzer Zeit wieder vollkommen verdichten. Mit welcher Art von Pflügen die Tieflockerung vorgenommen wird, ob mit Wald-, Schwing- oder Dampfpflug, ist Sache örtlicher Gewohnheit und Gegenstand finanzieller Erwägungen. Der Billigkeit wegen wird man dort, wo verhärtete Schichten nicht zu durchbrechen sind, von der Vollbearbeitung der Fläche meist absehen und auf streifenweise Bearbeitung zukommen.

Die künstliche Zuführung von Nährstoffen durch Düngung mit Mineraldüngern, Kalk oder durch Gründüngung würde, wenn sie nicht Geld kostete, unter allen Umständen zu empfehlen sein. Der mit ihr verbundene Aufwand aber macht eine Beschränkung auf die wirklich nährstoffarmen Heidesande notwendig. Die vorliegenden Erfahrungen sind, von Kalkdüngung abgesehen, noch zu spärlich, als daß über Form, Menge und Art der Dünger brauchbare Fingerzeige bereits vorhanden wären. Sicher aber ist die sowohl in chemischer, wie namentlich auch in physikalischer und physiologischer Hinsicht wirksame Kalkzufuhr angesichts der notorischen Kalkarmut der Heideböden und angesichts des Vorhandenseins starker Rohhumusschichten auf vielen derselben durchaus vorteilhaft. Auch der Vor- bezw. Zwischenbau der Lupine scheint nach den bisher gesammelten Erfahrungen eine erfolgreiche Kulturvorbereitung zu sein, erfordert aber, da der Boden entweder einen höheren Nährstoffvorrat besitzen oder durch Zuführung von Mineraldünger erhalten muß, in der Regel einen nicht unbeträchtlichen Kostenaufwand.

Die Holzartenfrage ist bei der Aufforstung der Heideböden meist in der Weise gelöst worden, daß Fichte oder Kiefer oder beide in Mischung angebaut wurden, während andere Holzarten, Weißfichte, Bergkiefer mehr nur zur Bildung von Wind- und Schutzmänteln Verwendung fanden. Inwieweit von den beiden Hauptholzarten die eine oder die andere den Vorzug verdient, darüber entscheiden die klimatischen Verhältnisse des in Frage kommenden Heidegebietes. Während im See-

klima Schleswig-Holsteins die Kiefer im Alter von 20 bis 30 Jahren abstirbt, ist sie auf den Aufforstungsflächen Hannovers die führende Holzart. Die Meinungen darüber, ob Reinanbau von Fichte und Kiefer bessere Erfolge erzielt als die in dem eben genannten Heidegebiete lange Zeit bevorzugte reihen- oder streifenweise Mischung beider Holzarten, sind geteilte. Der Umstand, daß reine Fichtenbestände auf zweifelhaften Böden zur Rohhumusbildung neigen und die in reinen Kiefernbeständen später eintretende Verheidung Heidehumus zur Folge hat, spricht jedenfalls zugunsten der Mischung, solange nicht dem von Erdmann u. a. in den Vordergrund gestellten Verlangen nach Beimischung von Laubhölzern in das Nadelholz nachgegangen werden kann. Zweifellos verdient der Hinweis auf den Wert der Beimischung von Eiche, Buche, Birke oder Erle um so mehr Beachtung, als nur Mischbestände die Gewähr dafür bieten, daß die angestrebte dauernde Melioration der kranken Heideböden durch die Bestockung selbst besorgt wird. Für die Verhältnisse Schleswig-Holsteins spricht Otto (Bericht der deutsch. Forstver. 1903, S. 103) den Laubhölzern bei der Aufforstung der Heideböden zwar jede Bedeutung ab, doch dürften auch hier, wie das Vorkommen von Eichenstockausschlägen und die günstige Entwicklung der Fichte in deren Nähe beweisen, der Heranbildung des naturgemäßeren Mischwaldes im derzeitigen Bodenzustand nur vorübergehende, nicht dauernde Hindernisse entgegenstehen. Inwieweit für die Aufforstung der Heideböden neben den genannten noch andere Holzarten, namentlich in Nordwestdeutschland Robinie, Tanne, Lärche, Weymouthskiefer, vielleicht auch Banks- und Pechkiefer in Betracht kommen, bedarf noch näherer Untersuchung. Jedenfalls ist an die günstigen Erfahrungen zu erinnern, die Dänemark bei der Aufforstung von Heideböden mit der Mischung von Fichte und Bergkiefer [1]), Belgien mit der Mischung von Kiefer und Pechkiefer [2]) gemacht hat.

§ 52. V. Unfruchtbarer Humus. Außer dem vorstehend unter IV. näher erwähnten, aus Rückständen des Heidekrautes bestehenden Heidehumus bilden sich, wie schon oben (S. 16) ausgeführt wurde, auch aus anderen nicht genügend zersetzten bezw. zersetzbaren Pflanzenresten mehr oder minder mächtige Humusschichten, die, rasch austrocknend und die Feuchtigkeit schlecht annehmend, den Boden verschließen und der Entwicklung der Holzpflanzen hinderlich sind. Hierher gehören die namentlich auf trocknen Böden aus Rückständen von Flechten, namentlich der Renntierflechte (Cenomyce rangiferina) entstehende Stauberde, der wie der Heidehumus durch hohen Wachs- und Gerbsäuregehalt gekennzeichnete Heidelbeerhumus und der aus Blättern, Nadeln und Zweigen unserer Holzgewächse gebildete, aus zusammenhängenden, meist dicht gelagerten und schneidbaren humosen Massen bestehende Trockentorf [3]). Seine Bedeutung für Boden und Bestand wurde bereits oben gewürdigt (vgl. auch die Ausführungen im Abschn. „Forstl. Standortslehre" Bd. I des Handbuches). Bei der Frage der Beseitigung der

1) Vgl. P. E. Müller, Ueb. d. Verhältnis der Bergkiefer zur Fichte in den jütländischen Heidekulturen. Naturw. Ztschr. f. L.- u. Forstwirtsch. 1903, S. 289, 378.

2) A. Schwappach, Ztschr. f. Forst- u. Jw. 1901, S. 223, 1907, 148.

3) Vater, Auf dem Trocknen gebildeter Rohhumus und seine Bekämpfung. Bericht d. sächs. Forstver. 1903, S. 138. — Matthes und Vater, Welche neueren Forschungen und Beobachtungen liegen üb. d. Bedeutung des Humus f. d. Wald vor? Bericht üb. d. 5. Vers. d. deutsch. Forstver. 1904, S. 33. — v. Oertzen, Humus und Kulturen auf Humus. Ztschr. f. F.- u. Jw. 1904, S. 32. — Möller, Die Nutzbarmachung des Rohhumus (Trockentorf) bei Kiefernkulturen, ebendas. 1908, S. 273. — Ders., Ueb. d. Ergebnisse der von dem Herrn Minister angeordneten praktischen Versuche zur Nutzbarmachung des Rohhumus bei Kiefernkulturen. Bericht d. Märkischen Forstver. Wintervers. 1908. — Quaet-Faslem und v. Bentheim, Die Rohhumusbildung und deren Bekämpfung. Bericht üb. d. 19. Vers. d. Nordwestd. Forstvereins.

schädlichen Wirkungen des Trockentorfes ist vielfach der mechanischen Entfernung und Abgabe stärkerer Schichten das Wort geredet worden. Je gründlicher diese Entfernung vorgenommen wird, um so mehr geht den Pflanzen die erforderliche Stickstoffzufuhr verloren. An der Hand der günstigen Erfahrungen der dänischen Rohhumusbekämpfung und zahlreicher Versuche hat sich deshalb die Ansicht Bahn gebrochen, daß es nur bei starken Trockentorfschichten angezeigt ist, einen Teil durch direkte Entfernung zu beseitigen, daß es im übrigen aber richtiger ist, auf die teilweis hervorragende Düngerwirkung des Trockentorfes nicht zu verzichten. Zu diesem Zwecke empfiehlt sich Mischung mit dem Mineralboden. Mittels Spatens, Hacke, Spitzenbergs Wühlspaten, Waldgrubber usw. ist der Trockentorf seiner chemischen und physikalischen Einwirkung wegen unterzubringen. Namentlich ist seine Nutzbarmachung auf den ärmeren Böden ratsam. Nach den Erfahrungen v. Oertzens und Möllers hat sich auch das Ueberdecken des nach dem Abschälen der Bodendecke zutage liegenden Trockentorfes mit einer einige cm hohen Sandschicht als ein empfehlenswertes Mittel zur Ausnützung seiner Düngerwirkung gezeigt. Weiterhin ist, wie beim Heidehumus, die Zufuhr künstlicher Dünger, namentlich von Kalk und Thomasmehl, eine die Umwandlung der schädlichen Humusmassen rasch und in günstigster Weise fördernde Maßnahme.

§ 53. VI. Moore [1]): Erstes Erfordernis ist eine genaue Bodenuntersuchung (cfr. Forstl. Standortslehre, 1. Bd.), einschließlich der chemischen Untersuchung der Moorsubstanz. Grünlandsmoore kommen für die Waldkultur wenig in Betracht, wenigstens nicht, soweit sie bei geeigneter Behandlung gute Wiesen ergeben. Da und dort kann sich auf ihnen, nach der Entwässerung und Bedeckung mit Sand, Bepflanzung mit Erle empfehlen. Viel ungünstiger gestalten sich die Verhältnisse auf Hochmooren. Diese haben im allgemeinen keine Neigung, sich zu bewalden, ein Umstand, der uns mahnt, daselbst mit forstlichen Unternehmungen vorsichtig zu sein. Befriedigende Rentabilität des Holzanbaues wird sich meist nicht ergeben, es sei denn, daß die Mächtigkeit des Torflagers keine zu bedeutende ist, sodaß man bald zu dem mineralischen Grunde gelangen kann. In diesem Falle läßt sich durch Rabattierung der für den Holzanbau erforderliche Kulturboden schaffen, indem man Gräben bis zum mineralischen Boden aushebt und letzteren auf die zwischenliegenden Beete bringt. Entwässerung (bezw. Senken des Wassers), am besten durch offene Gräben (diese mit steilen Wänden), ist unter allen Umständen erforderlich (langsames, allmähliches Vertiefen der Gräben). Das Moor setzt sich unter Umständen bis zu $^2/_3$ seiner früheren Mächtigkeit nieder. Bildung einer Grasnarbe deutet auf genügenden Rückgang des Wassers. — Urbarmachung event. durch Vermittelung des Brandfruchtbaues.

Nach der Schilderung von Brünings ist die Sache im großen Augustendorfer Moor folgendermaßen verlaufen: Vermessung des Moores, Entwässerung durch Gräben als Vorbereitung. Das Feuer soll demnächst durch Zerstören des festen Fasergewebes eine zerbröckelte, erdartige Masse und damit ein erstes Keimbett bilden und durch die Hitze die Säuren neutralisieren. Bildung von Asche ist nicht die Hauptsache. Man brennt auf dem Moore (nicht nach

1) Burckhardt, „Säen und Pflanzen", 6. Aufl. S. 557 ff. — Ders., „Wald, Moor und Wild im Emslande" in „Aus dem Walde" VI, S. 1 f. (insbes. S. 66 ff.). — Brünings, „Das Augustendorfer Moor" in „Aus dem Walde" IX (1879) S. 106. — Ders., „Der forstl. und der landwirtsch. Anbau der Hochmoore mittelst Brandfruchtbaues". Berlin bei Springer 1881. — Zu beachten insbes. auch die verschiedenen Rezensionen der letztgenannten Schrift, z. B. forstl. Blätter von 1882, S. 51. — Nordwestdeutscher Forstverein 1891, cfr. Zeitschr. f. Forst- u. J. 1891, S. 631. — Moore des Erzgebirgs (Forstass. Dr. Männel in Forstl. nat. Zeitschr. 1896, 325, 373). — Moorkulturen in Dänemark (z. B. Oesterr. Forstzeitung 1893, Nr. 17). — Verhandlungen des schles. Forstvereins 1894. — Baumann, Die Moore und Moorkulturen in Bayern (Forstl. nat. Zeitschr. 1894, S. 89, 293).

dessen vorherigem Umbruch), indem nur die seine Oberfläche bildende Menge kleiner Hugel („Bülten") umgerissen, nebst dem Grabenauswurf ausgebreitet und angezündet werden, wobei das Feuer nur oberflächlich angreift. Dann folgt Aussaat von Buchweizen. Im nächsten Jahre wiederholtes Brennen, desgl. im dritten und vierten Jahre, stets in Verbindung mit Fruchtbau. Die Bülten sind nun verzehrt und erst im fünften und sechsten Jahre kratzt man behufs erneuten Brennens Teile des eigentlichen Bodens flach auf. Wurzelgefaser, Heidehumus etc. sind nach den sechs Jahren verschwunden. Durch die sechsjährige Vegetation ist neues Leben in den toten Boden gedrungen. Gebrannt wird stets mit dem Winde, sonst greift das Feuer zu tief; an feuergefährlichen Stellen erfolgt gegen den Wind ein Vorbrand. Im 7. Jahr erfolgt der forstliche Anbau mit Eiche, Fichte, Kiefer, event. Lärche und Weymouthskiefer. Gesamtkosten pro ha (Brennzeit 6 Jahre, Tagelohn 2 Mark) = 360 Mark; Ertrag (5 Jahre Buchweizen, 1 Jahr Roggen) pro ha = 900 Mark. Die Aufforstung kostet pro ha 65—70 Mark.

Viele Moorkulturen, die in der angedeuteten Weise ausgeführt worden sind und anfänglich, oft durch 10—15 Jahre, gutes Wachstum zeigten, haben aber nur große Hoffnungen erweckt und haben in ihrer Entwickelung bald nachgelassen, so daß der Erfolg nur ein scheinbarer war und ein Ersatz der aufgewendeten Kosten nicht entfernt stattfand. Von irgend umfangreichen Mooraufforstungen wird deshalb abzusehen sein, es sei denn, daß es sich um bereits abgetorfte Hochmoore handelt, wie solche z. B. in Nordwestdeutschland mit Holz angebaut worden sind und gute Bestände von Eichen, Fichten, Kiefern und Birken tragen. — Nach Prof. Dr. Tacke, Vorsteher der Moor-Versuchsstation in Bremen (Zeitschr. f. Forst- und Jagdw. 1900, S. 38) kommt, zumal in Niederungsmooren, auch für forstliche Zwecke unter Umständen die Rimpau'sche Sanddeckkultur nach vorheriger Entwässerung in Frage. Im allgemeinen aber ist auch auf den im Walde belegenen Mooren, wenn sie überhaupt benutzt werden sollen, landwirtschaftliche Benutzung vorzuziehen.

„Flüchtige Moorflächen (Mullwehen)[1]) sind Moorflächen, die durch eine übertriebene Benutzung oder fehlerhafte Behandlung ihre natürliche vegetabilische Bodendecke verloren haben, so daß der rohe Moorboden zutage tritt, der dann bei trockener Witterung staubig und flüchtig, bei nasser Witterung schlammig und treibend wird". Unterschied von Sandwehen darin, daß sie auch bei feuchtem Wetter beweglich sind. Entstehung besonders durch zu ausgedehntes Heide- und Plaggenhauen oder zu langes Brennen, beides in Verbindung mit täglichem Auftrieb von Schafen in geschlossener Herde und demnächst Auffrieren des Bodens. Gefahr für umgebendes Gelände durch Ueberwehen mit Mull. — Vorbedingung der Dämpfung ist das Aufhören jeder Benutzung des Bodens. Entwässerung. Aufforsten der Mullwehen mit wenig mächtiger (bis 1 m) Moorunterlage und zwar zunächst meist durch Anpflanzung mit Birke hinter senkrecht zur herrschenden Windrichtung verlaufenden Wällen, zu welchen das Material durch Aufhub von Gräben beschafft wird. Mullwehen auf mächtigem Moorlager sind nach der Entwässerung zunächst mit Kräutern (Rumex), Honiggras (Holcus) etc. anzubauen (am sichersten unter Fruchtbau von Buchweizen mittels Brennens).

An dieser Stelle möge auch der Oedlandsaufforstung in weitestem Sinne gedacht werden[2]). Die Sorge für tunlichste Aufforstung des in Europa allein etwa 22 000 Quadratmeilen einnehmenden Oedlandes regt sich in allen zivilisierten Ländern. Die Aufforstungsarbeiten im Karstgebiete, in West- und Ostpreußen (Kassubei), sowie sonst in Deutschland, ferner in Vorarlberg, in der Schweiz (z. B. Schweiz. Zeitschr. 1893, 6), zumal im Schutzwaldgebiete, in Italien, den Pyrenäen seien als Beispiele angeführt. Auch die Bepflanzung von Alluvionen (Hochgebirge und Ebene: Ueberschwemmungsgebiet der Flüsse), je nach den Verhältnissen mit Erle, Pappel, Akazie, Birke, auch wohl Ulme, Esche, Eiche, sei hier erwähnt[3]).

---

1) Gerdes, „Die flüchtigen Moorflächen in Hannover und Oldenburg" in „Aus dem Walde" IX, (1879) S. 159 ff. — D. in Mündener forstl. Hefte I, 1892, S. 130.

2) Unter Oedland versteht man im allgemeinen diejenigen Areale, welche zwar kulturfähig sind, aber z. Z. nicht oder nur okkupatorisch benützt werden. Event. werden auch landwirtschaftlich benützte Flächen dem Oedland zugerechnet, welche einen äußerst geringen Reinertrag (0—1,20 M.) abwerfen. Letztere einbezogen hatte Deutschland 1893 rund 3,7 Mill. ha Oedland, woran ca. 700 000 ha aufzuforsten wären. cfr. Grieb, Das europäische Oedland, seine Bedeutung und Kultur, 1898, bei Sauerländer. — Matthes, Vortrag bei der 28. Vers. des Thüring. Forstver. 1901, zu Coburg: Vereinsheft S. 29—46. — Preußen hatte allein im Besitz der Staatsforstverwaltung am 1. X. 1900 noch 34 073 ha Oedland, seit 1883 sind 70 856 ha erworben worden; 61 620 ha waren hievon bis 1900 aufgeforstet. Beteiligt sind in erster Linie die nordöstl. Provinzen.

3) J. Hamm (Forstwiss. Zentralbl. 1888, 601,: Aus den Waldungen des badischen Rheintales.

7*

Zweiter Teil.

Saat.

Zum Gelingen der Saatkultur gehört, von Witterungseinflüssen abgesehen, vor allem gutes Saatmaterial, ein geeignetes Keimbett und sachgemäße Ausführung.

I. Allgemeines.

§ 54. A. Verschiedene Arten der Saat: Je nachdem die Saat aus der Hand oder unter Anwendung einer Maschine ausgeführt wird, nennt man sie Handsaat oder Maschinensaat. — Außerdem werden unterschieden: 1. Vollsaat, wobei die ganze Fläche möglichst gleichmäßig mit Samen bestreut wird, und 2. stellenweise Saat, bei welcher der Samen nur auf bestimmte Stellen der Saatfläche kommt. Hierher gehören: a) die Streifensaat, auch Rinnen-, Rillen-, Riefen-, Furchensaat genannt: der Samen wird auf Streifen gesäet, während die zwischen ihnen liegenden Teile samenfrei bleiben [1]). b) die Plattensaat, auch Plätzesaat: eine Anzahl Samenkörner kommt auf einzelne, über die Kulturfläche verteilte Plätze. Werden die Platten mangelnder Feuchtigkeit wegen vertieft, so spricht man von „Löchersaat". c) Die Punktsaat, bei welcher man mit Einzelsamen (Eichel, Kastanie usw.) operiert, die in möglichst gleichmäßiger Verteilung auf der Fläche untergebracht, „eingestuft" werden, kann füglich als ein Spezialfall der Vollsaat gelten.

B. Wirtschaftliche Bedeutung der Saatarten. Wenn Maschinensaat angewendet wird, tut man es, teils um die Gleichmäßigkeit der Samenverteilung zu fördern, teils um Zeit, Arbeitsaufwand und Geld zu sparen. Kompliziertere und demgemäß teure Maschinen kommen meist nur für große Kulturflächen und für regelmäßig wiederkehrende umfängliche Saaten in Betracht. Handsaat ist die weit häufigere Methode. Maschinen, namentlich solche, deren Bewegung Spannvieh erfordert, sind überdies meist an bestimmte Eigenschaften der Kulturfläche (nicht zu geneigte Lage, Fehlen von größeren, rasch wechselnden Unebenheiten, von Stöcken, Steinen usw.) gebunden. In größerem Maßstabe finden Säemaschinen, und zwar kleinere Handapparate, beim Pflanzgartenbetriebe Anwendung. — Vollsaat (breitwürfige Saat) gibt, gute Ausführung vorausgesetzt, eine gleichmäßige Samenverteilung, bedingt mithin für die einzelnen Keimpflanzen von vornherein annähernd nach allen Seiten gleichen Standraum, wodurch deren normale Entwickelung, sowie in der Folge gleichmäßiger Schluß des Jungbestandes und damit auch gleichmäßige Deckung des Bodens angebahnt ist. Sie arbeitet rasch, verlangt aber das größte Samenquantum und erfordert, sobald der Boden eine intensivere Vorbereitung bedarf, gemeinhin sehr beträchtliche Lockerungskosten. Auch erschwert sie die Reinigung von Unkraut, die etwaige Jugendpflege der Pflanzen durch Behacken, sowie das Ausbringen der ersten Durchforstungshölzer. Die Vorzüge und Nachteile der stellenweisen Saat folgen aus dem Vorstehenden. Sie bedarf z. B. weniger Saatgut, wenn auch nicht im Verhältnis des wirklich besäeten zum samenfrei bleibenden Teil der Fläche, weil man naturgemäß auf den Einzelstellen dichter säet, hat jedoch vielfach einen zu dichten Stand der Pflanzen und

1) In bezug auf diese Art der Saat werden wohl feinere Unterscheidungen gemacht, indem man von Streifensaat spricht, wenn die besäeten Bänder eine gewisse Breite haben, von Riefensaat oder Rillensaat usw., wenn der Same nur in schmale Linien zu liegen kommt. Sind die Streifen vertieft, so spricht man von Furchen- oder auch Muldensaat.

eine etwas ungleichmäßige, von vornherein unsymmetrische Entwickelung der Jungpflanzen zur Folge, weil sich die in den Streifen stehenden Pflanzen, ebenso wie die Randpflanzen auf den Platten nach der freien Seite naturgemäß seitlich mehr ausbreiten als in der Streifenrichtung bezw. nach dem Innern der Platte zu. Streifensaat eignet sich oft für Anwendung von Maschinen, erleichtert am meisten die Kulturreinigung und die ersten Durchforstungen, läßt aber die Zwischenstreifen je nach deren Breite kürzere oder längere Zeit unbedeckt. Auf den Platten wird das gedrängte Aufwachsen der Pflanzen oft besonders hinderlich; rasche Deckung der zwischen den Platten liegenden Bodenpartien kann nur durch entsprechend nahes Aneinanderlegen der Platten bewirkt werden. Löchersaat kommt namentlich für trockene, der Sonne und dem Wind ausgesetzte Orte in Frage. Die Punktsaat kann (siehe oben) als Vollsaat mit größerem Abstand der einzelnen Samen voneinander betrachtet werden.

II. Das Saatmaterial.

§ 55. A. Beschaffung des Samens. Je mehr die Forstwirtschaft die künstliche Verjüngung an die Stelle der Naturverjüngung treten läßt, um so wichtiger wird die Frage nach der Beschaffung des notwendigen Saatmateriales. Die neuzeitliche Entwicklung des Samenhandels weist mit unzweideutiger Sicherheit darauf hin, daß unter den verschiedenen Beschaffungsmöglichkeiten die bequemste, der Kauf, im allgemeinen vorgezogen wird. Der fortgesetzt steigende Bedarf, das Fehlen öfterer oder hinreichender Samenjahre und die mit dem Ausklengen der meist benötigten Nadelholzsamen verbundenen Umständlichkeiten erklären die sehr zu bedauernde Erscheinung, daß der richtigste Weg der Gewinnung, der der Selbstgewinnung, mehr und mehr verlassen wurde. Der in den letzten Jahrzehnten lebhaft debattierten Frage nach der wirtschaftlichen Bedeutung der Samenherkunft (= Provenienz des Samens) war und ist es vorbehalten, den notwendigen Umschwung in diesen Verhältnissen einzuleiten und, wenn nicht die vollkommene Rückkehr zur Selbstgewinnung, so doch die Abstellung der mit dem Kauf des Saatgutes bisher verbundenen Uebelstände zu bewirken.

Der wichtigste dieser Uebelstände ist die Unsicherheit hinsichtlich der Herkunft des Samens.

In dem Maße, wie die moderne Forstwirtschaft dem Ausbau des rationellen Wirtschaftswaldes zustrebt und an der Verbesserung und vollen Ausnutzung ihrer Produktionsmittel arbeitet, muß sie die physiologischen, d. h. die Wuchseigenschaften der Waldbäume in den Bereich ihrer auf Nachzucht bester Rassen gerichteten Maßnahmen ziehen und muß darnach trachten, Keime fernzuhalten, an denen auch nur der Verdacht minderwertiger Leistungen haftet. Nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen darf angenommen werden, daß sich eine Holzart ihren typischen physiologischen und morphologischen Charakter unter dem Einfluß verschiedener klimatischer Verhältnisse um so weniger zu erhalten imstande ist, je größer die Klimaunterschiede sind. Im Verbreitungsgebiet einer Holzart bilden sich vielmehr beim Vorhandensein von Klimadifferenzen Anpassungsformen: Standorts-, physiologische oder klimatische Varietäten = klimatische Formen aus, von denen — zunächst nach Analogieschluß, dann aber auch nach manchen Ergebnissen ad hoc eingeleiteter Versuche [1]) — wiederum angenommen werden muß, daß sie ihre Eigentümlich-

1) Vergl. hierzu die Arbeiten von de Vilmorin, Exposé historique et descriptif de l'école forestière des Barres. Mémoires d'Agriculture 1862, S. 332. — Kienitz, Ueb. Formen

keiten auf ihre Nachkommen vererben. Diese Ansicht wird unter Bezugnahme auf Forschungsresultate von A. Cieslar, A. Engler, v. Sivers, P. Schott u. a. vertreten, während H. Mayr in seinen Lehrbüchern und zahlreichen Spezialartikeln an der Ueberzeugung festhält, daß weder Boden noch Klima imstande sind, den Pflanzen erbliche Eigenschaften aufzudrücken, und daß die Provenienz des Saatgutes keine Bedeutung besitzt, solange es sich lediglich um Standortsformen (Klimarassen) der Holzarten handelt. Die forstliche öffentliche Meinung hat sich dieser Ansicht Mayrs nicht angeschlossen. Sie leitete vielmehr aus den allerdings erst kurzfristigen Versuchen, die mit Kiefer, Fichte, Lärche, Schwarzkiefer, Bergahorn, Esche seitens der oben genannten Forscher angestellt worden sind, den durch Erfahrungen der forstlichen Praxis unterstützten Satz ab, daß für einen gegebenen Standort dasjenige Saatgut das geeignetste und beste ist, das von der örtlich angestammten Rasse oder von solchen Standorten gewonnen ist, die gleiche bezw. sehr ähnliche klimatische Verhältnisse aufweisen. Diese zuletzt genannten Standorte kommen beim Samenbezug aber erst dann in Frage, wenn die heimatliche Rasse nichts taugt oder heimischer Samen fehlt.

Die Kunstverjüngung mit wahllos gekauftem Samen hat zur Folge gehabt, daß auf großen Flächen Samen ausgesäet wurde, der infolge seiner Herkunft aus klimatisch anders gearteten Gebieten minderwertig ist, weil er von Bäumen stammt, deren Lebensökonomie sich den anders gearteten Verhältnissen angepaßt hat. Die aus solchem Samen hervorgehende junge Generation wird unter äußere Lebensbedingungen gebracht, die für sie absolut nicht passen, und die Folge sind Bestände mit kümmerlichem Wachstum und Bäume mit unerwünschten Wuchseigenschaften.

Die Frage der Samenherkunft ist besonders wichtig für den Nadelholzzüchter. Die Nachfrage nach Kiefern- und Fichtensamen ist im Laufe der Zeit so gestiegen, daß die privaten Klengbetriebe bei weitem nicht mehr das notwendige Zapfenmaterial im Inlande beschaffen konnten, wenn sie den vom Käufer verlangten niedrigen Preis des Samens beibehalten wollten. Sie erschlossen sich deshalb ausländische und zwar meist klimatisch wärmer gelegene Bezugsquellen; sie fanden besonders in Frankreich, Belgien und Ungarn Länder, die, soweit namentlich Kiefer in Betracht kommt, auch in sog. schlechten Zapfenjahren einen großen Bedarf an Zapfen zu befriedigen imstande sind und, was sehr wesentlich ist, billiger liefern als das Inland.

Die Erfolge, die der ausländische Kiefernsamen bei uns gezeitigt hat, waren bei einer Reihe von Samen ausländischer Herkunft durchaus zufriedenstellend, so bei den Samen aus Belgien, Polen und den Ostseeprovinzen; bei anderen, und zwar bei den Samen aus Südfrankreich, Ungarn aber derart ungünstig, daß man hier und da von einer Verseuchung des deutschen Waldes spricht. Auch der Samen der baltischen Kiefer, dessen Einführung nach Deutschland von v. Sivers empfohlen wurde, eignet sich für das deutsche Wuchsgebiet nicht, ebenso wenig wie der Samen, der von Mayr als besondere Art (P. lapponica) bezeichneten nordischen Kiefer. Der an sich sehr schätzenswerten Geradschaftigkeit und Geringästigkeit dieser

und Abarten heimischer Waldbäume. Berlin 1879. — Cieslar, Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 1887, S. 149; 1895, S. 7; 1899, S. 49; 1907, S. 1, 49. — v. Sivers, Mitteilgn. d. deutsch. dendr. Gesellsch. 1895, S. 49. — Ders., Forstwiss. Zentralbl. 1898, S. 537. — Schott, Rassen der gem. Kiefer. Forstw. Zentralbl. 1907, S. 199, 262. — Ders., Pinus silvestris, d. gem. Kiefer, ebend. 1904, S. 123, 307, 436, 515, 587. — Engler, Einfluß der Provenienz des Samens usw. Mittlgn. d. schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchsw. 1905, VIII, S. 81. — Ders., Tatsachen, Hypothesen und Irrtümer auf d. Gebiete d. Samenprovenienzfrage. Forstw. Zentralbl. 1908, S. 295. — Mayr, Die Variationen der Holzgewächse, ihre Entstehung und Bedeutung für die Praxis, ebenda 1908, S. 1. — Bericht üb. den 8. internationalen landw. Kongreß in Wien 1907. Sekt. VIII.

Kiefern steht Langsamwüchsigkeit [1]) gegenüber, ein Umstand, der diese Provenienzen für Deutschland ebenso ausschließt, wie der kurzschäftige, krumme und sperrige Wuchs der südfranzösischen und ungarischen Kiefern nicht dazu angetan ist, unsere deutschen Kieferngebiete zu veredeln.

Der durch den Handel bezogene Fichtensamen hat so hervorstechende Rassenunterschiede wie bei der Kiefer bisher nicht gezeitigt. Es ist verständlich, daß die Herkunft des Samens um so mehr Beachtung verdient, je größer das Verbreitungsgebiet der betreffenden Holzart ist. Mit der Ausdehnung des Verbreitungsgebietes steigert sich die Möglichkeit größerer Klimaunterschiede, also auch die Möglichkeit der Ausbildung von Rassen mit abweichenden biologischen Eigenschaften. Die Fichte ist ein Baum der mittleren Gebirgslagen. Hier wird der meiste Fichtensamen geerntet, um wieder in der Hauptsache in mittleren Gebirgslagen zur Aussaat zu gelangen. Die klimatischen Verhältnisse der Mutterbäume und der jungen Generation sind somit in vielen Fällen wenigstens annähernd die gleichen. Für die Fichtenzüchter scheint deshalb die Samenherkunftsfrage nicht die Bedeutung zu haben wie für den Kiefernwald. Immerhin gilt für die Fichte dasselbe wie für die Kiefer, und gerade bei ihr ist von Cieslar und Engler an der Hand exakter Versuche mit Hoch- und Tieflagensamen die Vererbung des Zuwachsvermögens und einer Reihe biologischer, morphologischer und anatomischer Eigentümlichkeiten — zunächst wenigstens für die Jugendjahre — nachgewiesen worden. Wie lange die vererbten Standortseigenschaften sich erhalten, bedarf noch näherer Feststellung durch weitere Beobachtung. Jedenfalls geht aus den bisherigen Erfahrungen aber hervor, daß es sich auch bei der Fichte empfiehlt, das aus Hoch- und Tieflagen, nördlichen und südlichen Wuchsgebieten stammende Saatgut auseinander zu halten und möglichst nur auf Standorten zu verwenden, die dem jeweiligen Herkunftsort klimatisch entsprechen.

Eine andere, zur Zeit noch umstrittene, für die Befürwortung der Selbstgewinnung aber gleich wichtige Vererbungsfrage ist die Frage nach der Vererbung von Individualitätscharakteren. Es handelt sich hier um die Feststellung, inwieweit Eigenschaften und Eigentümlichkeiten der Mutterbäume, die für die Massen- und Wertsleistungen unserer Bestände von Belang sind: Schnell- und Langwüchsigkeit, Gerad- und Krummschaftigkeit, Aestigkeit, Zwieselwuchs, Drehwuchs, Grobfaserigkeit, Gleichmäßigkeit des Jahresringbaues usf. vererbt werden. Die sog. forstliche Zuchtwahl geht von der Ansicht aus, daß diese physiologischen und habituellen Eigenschaften nicht immer, wie Borggreve (Erblichkeit und Zuchtwahl bei Waldbäumen. Forstl. Blätter 1889, S. 33) und nach ihm Mayr vertreten, Folge äußerer Umstände und Wirkungen des Bodens, Klimas, der Erziehungsform und äußerer Störungen sind. Sie schließt vielmehr aus den Erfahrungen der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Praxis heraus, daß die genannten Eigenschaften zum Teil auf Veranlagung beruhen und vererbt werden. Folgerichtig steht sie auf dem Standpunkt, daß es möglich ist, durch Kreuzung die brauchbaren Eigenschaften zu steigern und die Rasse zu veredeln. Sie fordert dementsprechend bei der Samenernte Beschränkung auf jene Baumindividuen, die unseren wirtschaftlichen Zwecken am meisten genügen. Zweifellos bietet die Befolgung dieser Vorschrift, selbst unter der Annahme, daß die unbekannte Vaterpflanze mit unerwünschten Eigenschaften behaftet war, und bei voller Anerkennung des gewiß nicht wegzuleugnenden

---

1) Dengler, D. Wachstum von Kiefern aus einheimischem und nordischem Saatgut in d. Oberf. Eberswalde. Zeitschr. f. Forst- u. Jw. 1908, S. 137.

Einflusses von Boden und Klima die beste Gewähr dafür, daß zum mindesten eine Verschlechterung der Rasse vermieden wird.

Ob auch die Widerstandsfähigkeit einer Holzart gegen bestimmte Gefahren, z. B. gegen Frost-, namentlich Spätfrostschaden, Pilzangriffe, Lichtentzug usw. durch züchterische Maßnahmen des Wirtschafters gefördert werden kann, mag angesichts der noch sehr unsicheren Unterlagen hierfür dahingestellt sein. Sicher sind auch ohne dieses die mit der Herkunft des Samens zusammenhängenden Erwägungen von solcher Tragweite, daß bei der Beschaffung des Saatgutes der Selbstgewinnung unbedingt das Wort geredet werden muß. Sie ermöglicht am besten die Auswahl der geeigneten Samenbäume, gewährleistet die Nachzucht der heimischen Rasse und sichert die Beachtung aller jener Maßregeln, die beim Sammeln und bei der Behandlung und Aufbewahrung des Samens berücksichtigt werden müssen, wenn qualitativ hochwertiges Saatgut gewonnen werden soll.

In größeren Forsthaushalten, namentlich in Staatsbetrieben, ist die Einführung bezw. Wiedereinführung der Regiebeschaffung des Samens um so wichtiger, je mehr die herrschende Wirtschaftsholzart einer Verschlechterung der Rasse durch Einführung ungeeigneten fremden Saatgutes zugänglich erscheint.

Vor allem liegt es im Interesse der Kieferngebiete, Samen einheimischer Provenienz an Stelle des bisher in großem Umfang [1]) eingeführten französischen Samens zu verwenden. Es ist mit Freude zu begrüßen, daß auch der deutsche Samenhandel die Hand geboten hat, die bei der Deckung des deutschen Bedarfes an Kiefernsamen bisher bestehenden Mißstände zu beseitigen [2]). Dadurch, daß sich eine Reihe von Großfirmen zur Lieferung von nur deutschen Kiefernsamen freiwillig verpflichtet haben, wird namentlich den zahlreichen kleineren Forstbetrieben die gewünschte Garantie für Versorgung mit geeignetem Saatgut gegeben. Der Großbetrieb kann sich diese Garantie durch Selbstgewinnung des Samens selbst verschaffen.

Der Selbstbeschaffung des Samens steht die Gewinnung auf dem Wege der N a t u r a l a b g a b e annähernd gleich. Es handelt sich hier um Verpachtung der Samenernte, wobei der Unternehmer u. a. verpflichtet ist, als Vergütung für die ihm überlassene Nutzung ein bestimmtes Quantum des gesammelten Saatgutes an den Waldbesitzer abzuliefern. Dieses Verfahren enthebt den Waldbesitzer von der besonderen Sorge für die Ernte und sichert ihm, sofern der Pächter die geeigneten Samenbestände zugewiesen bekommt und bei Ausübung der Nutzung hinreichend überwacht wird, den Bezug frischen, vollwertigen Saatgutes.

Die Gewinnung des Samens in Eigenregie und im Wege der Naturalabgabe krankt naturgemäß an dem Uebelstand, daß in Samenjahren nicht nur der Bedarf eines Jahres, sondern um so mehr Samen gesammelt werden muß, je weiter die Samenjahre auseinander liegen. Sie setzt außerdem voraus, daß Aufbewahrungsmethoden bekannt sind und angewendet werden, mit deren Hilfe es möglich ist, die Keimkraft des Samens mehrere Jahre auf einer befriedigenden Höhe zu erhalten. Bei Fichten- und Kiefernsamen stellt das neuere Verfahren, die Samen durch Aufbewahrung unter Luftabschluß und kühler Temperatur Jahre hindurch keimkräftig zu erhalten, die Möglichkeit einer annähernden Unabhängigkeit vom Markte in Aussicht, wäh-

---

1) Nach Revue des Eaux et Forêts, 1909, April-Heft S. 247 gehen jährlich 130 Waggon Kiefernzapfen und 30 000 kg geklengter Kiefernsamen von Frankreich nach Deutschland.

2) Der Anregung des Deutschen Forstwirtschaftsrates zufolge hat sich eine Kontrollvereinigung der Besitzer von Samenklenganstalten und Forstbaumschulen gebildet, die sich unter Gestattung der Buchkontrolle durch eine Kommission des Deutschen Forstwirtschaftsrates verpflichtet, nach den Vorschriften des Deutschen Forstwirtschaftsrates Kiefernsamen und Kiefernpflanzen nur deutscher Herkunft zu liefern.

rend bei Bedarf an Samen mit schnell zurückgehender Keimkraft die Beschaffung durch Kauf auch für den Großbetrieb nicht immer zu umgehen sein wird. Gerade bei solchen Samen, die baldige Aussaat erfordern oder sich nur unter erheblicher Einbuße ihrer Keimfähigkeit bis zur Dauer eines Jahres aufbewahren lassen, wie Eiche, Buche, Tanne, Birke, Erle, Ulme, Weide, Pappel, empfiehlt sich aber Selbstsammeln in erster Linie. Die nicht zu umgehende Abhängigkeit vom Eintreten der Samenjahre hierbei ist immer noch das kleinere Uebel.

Beim Kauf wendet man sich im allgemeinen besser an bewährte große Firmen als an kleine Händler, weil die großen Anstalten am vollständigsten über die Mittel zur Lieferung eines tadellosen Produktes verfügen und, wie die oben erwähnte Kontrollvereinigung zeigt, auch gern bereit sind, berechtigten Wünschen der Konsumenten zu entsprechen. Es ist üblich, den Samen unter Zusicherung von Reinheit, guter Beschaffenheit und eines bestimmten Keimungsprozentes zu kaufen. Bei größeren Lieferungen empfiehlt es sich, Einhaltung des Lieferungstermines, event. Stellung einer Kaution für rechtzeitige Lieferung zu verlangen [1]). — Die Samenpreise schwanken je nach dem Ausfall der Ernte bedeutend, namentlich bei denjenigen Holzarten, die, wie z. B. die Kiefer, manchmal in längeren Zeiträumen nur schwache Ernten geben und bei denen der Bedarf an Saatgut ein großer ist. Es ist selbstverständlich, daß der Samenpreis mit den Anforderungen, die an den Samen selbst gestellt werden, steigen muß. Es ist total verkehrt, sich beim Ankauf von Samen nicht durch die Garantie guter Herkunft und hoher Keimkraft, sondern durch die Billigkeit bestimmen zu lassen. Wenn die Samenhandlungen einen nach Keimkraft und Herkunft einwandsfreien Samen liefern sollen, müssen sie den Preis erhöhen, weil die Beschaffung des Samen auf kleinerem Gebiete und die sorgfältigere Behandlung beim Klengen, Entflügeln, Aufbewahren usw. höhere Unkosten verursacht. Der Preis für Fichtensamen hat 1880—95 zwischen 1,05—3,40 Mk. pro kg geschwankt und stellt sich jetzt auf 2,50 Mk.; Kiefer: 1880—95 3,05—8,10 Mk.; garantiert norddeutscher Kiefernsame ist schon mit 11,00 Mk. pro kg notiert worden und stellt sich jetzt auf 6,50 bis 8 Mk. Tanne: 1880—95 0,38—1,67 Mk., im Durchschn. 0,75 Mk., jetzt 0,80 Mk. pro kg, Lärche 1880—95 1,18—6,37, im Durchschn. 2,43 Mk., jetzt 4,50 Mk. pro kg. Eiche: pro hl (= 80 kg) 15,50 Stieleiche, 22 Mk. Traubeneiche; Buche: pro hl (= 45 kg) 21,00 Mk., jetzt 36—40 Mk. Roterle: pro kg 0,70—1,00 Mk., Weißerle 2,50 Mk.; Birke 0,60—0,80 Mk.; Ulme 0,40—0,60 Mark; Esche 1,00 Mk.; Bergahorn 1,00 Mk.; Spitzahorn 0,80 Mk.; Hornbaum 0,80—1,00 Mk.

B. Ernte und Aufbewahrung des Samens s. die betreffenden Teile im Abschnitt Forstbenutzung.

C. Prüfung der Samengüte. Neben Feststellung der Echtheit des Samens hat sich die Prüfung zu erstrecken auf Reinheit, Größe und Beschaffenheit, Keimzahl und Keimungsenergie. Nach dem Befund ergibt sich ein größerer oder geringerer Gebrauchswert.

1. Echtheit. Am häufigsten sind Verwechslungen zwischen Stiel- und Traubeneiche, gem. und Bergkiefer, Schwarz- und Weißerle, Berg- und Spitzahorn. (Ueber die bezügl. Unterscheidungsmerkmale vergl. Abschn. Forstbotanik des Handbuches.) — 2. Reinheit. Das Saatgut soll möglichst rein, frei von Verunreinigungen (Zapfenschuppen, Teilen von Fruchthüllen, Samenflügeln, Harz, Steinchen u. dergl.) sein. Je kleiner die Sämereien sind, um so stärker pflegen sie verunreinigt zu sein. Besonders häufig sind Beimengungen bei Lärche, Birke, Weide, Pappel, Erle. Die Reinheit wird durch das Reinheitsprozent, d. i. durch den prozentischen Anteil von wirklichen Samenkörnern an 100 abgezählten Einheiten der Samenlieferung angegeben. Das Reinheitsprozent schwankt nach den Angaben der Züricher Samenkontrollstation zwischen 28 % (Birke) und 99 % (Buche). — 3. Größe und Beschaffenheit. Größe und damit Gewicht des Samens sind insofern von Belang, als das größere Samenkorn im allgemeinen die kräftigere Pflanze ergibt [2]).

1) Unter den größeren leistungsfähigen Klenganstalten, bezw. Samenhandlungen sind nicht wenige von bedeutendem Rufe (cfr. Abschnitt Forstbenutzung). Eine Zentrale des (man darf wohl sagen europäischen) Samenhandels ist Darmstadt.

2) Vergl. Baur, Forstwiss. Centralblatt von 1880, S. 605 ff. — Wenn auch der Unterschied, welchen Pflanzen aus verschieden großen Samen (z. B. großen, mittleren und kleineren Eicheln) anfänglich zeigen, später (nach 3—6 Jahren) mehr und mehr verschwindet, so sind

Nach den Beobachtungen von Friedrich waren Fichtenpflanzen aus schwererem Samen im Alter von 3 Jahren nach Höhe und Volumen noch besser als gleich alte Pflanzen aus leichten Samen. Abgesehen von der jeweiligen Jahreswitterung und der Bodengüte hängt die Größe des Samens vom Alter des Mutterbaumes und vom Klima (Höhenlage) seines Standortes ab. Schott[1]) fand, daß im gleichen Revier 150jährige Kiefern auffallend kleine Zapfen mit kleinen, leichten Samen, 80jährige hingegen größere Zapfen mit größeren Körnern erzeugten. Die gleiche Erscheinung, daß der schwerere Zapfen den schwereren Samen liefert, bestätigt Friedrich von Fichte. — Einen Anhalt für flüchtige Beurteilung des Wertes des Samens bietet seine äußere und innere Beschaffenheit. Farbe der Samenschale und des Kerns [2]), Wasser- bezw. Oelgehalt des Kerns, Geruch und Geschmack, ganz besonders aber die Art und Weise, wie der Kern die Schale ausfüllt, orientieren über Frische und damit über das zu erwartende Keimungsprozent. Lange Zeit aufbewahrte oder zu stark ausgetrocknete und dadurch minderwertig gewordene Samen verlieren ihre normale Farbe außen wie innen, werden leichter und klappern beim Schütteln. Die größeren Sämereien (Eiche, Kastanie, Buche) lassen sich auch nach dem Gewicht beurteilen. Taube Samen sind leicht und schwimmen im Wasser, während gute Samen untersinken. Die Prüfung von Eicheln usw. auf diese Weise, die sog. Wasserprobe, gibt zwar nach den Feststellungen Grundners[3]) keine durchaus zuverlässigen, aber doch vollkommen zufriedenstellende Resultate. — 4. Keimzahl und Keimungsenergie[4]). Das sicherste Mittel, die Brauchbarkeit eines Saatgutes festzustellen, ist die Keimprobe. Je höher das Keimprozent, d. h. die Zahl der keimenden Körner unter je 100 untersuchten und je größer die Keimenergie ist, d. h. je schneller die Samen unter den ihnen bei der Keimprobe gebotenen günstigen Bedingungen keimen, um so besser ist der Samen. Er ist am besten, seine Keimkraft also am größten kurz nach seiner Reife. Je älter er wird, um so mehr nimmt die Keimkraft auch bei sorgfältigster Behandlung ab. Unter sonst gleichen Verhältnissen hängt die Schnelligkeit, mit der die Keimkraft zurückgeht, von der Holzart ab. Sehr rasch, oft schon nach wenigen Tagen, verlieren die Keimkraft Ulme, Erle, Birke, Weide, Pappel. Bei Eiche, Buche, Kastanie, Tanne hält sie, sachgemäße Behandlung des Samens vorausgesetzt, bis zum nächsten Frühjahr aus. Länger und zwar jahrelang lassen sich Esche, Hornbaum, Linde, und am besten die Nadelholzsamen keimfähig erhalten. Fichte und Kiefer bleiben bei guter Aufbewahrung 3 bis 4 Jahre keimfähig. Die

doch oft die ersten Jahre (energischer Höhentrieb im Kampfe mit Unkräutern etc.) äußerst wichtig. — Badoux stellt den Einfluß der Korngröße in bezug auf die Keimkraft dahin fest, daß groß und mittelgroß keinen erheblichen Unterschied zeigen, kleine Körner aber meist weniger leisten als große und mittelgroße. — Friedrich, Ueber den Einfluß des Gewichtes der Fichtenzapfen und des Fichtensamens auf das Volumen der Pflanzen. Ztschr. f. d. ges. Forstw. 1903, S. 233. — Cieslar, Ueb. d. Erblichkeit des Zuwachsvermögens, ebendas. 1895, S. 7. — Engler, Mittlgn. a. d. schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchsw. VIII, 1905, S. 182.

1) 150jährige Kiefern ergaben auf 1 hl 11 300 Zapfen und ein 1000-Korngewicht von 3,3 gr; 80jährige auf 1 hl 6940 Zapfen und 4,3 gr 1000-Korngewicht.

2) Der Kern frischer Samen ist meist weißlich oder gelblich, bei der Esche bläulich, beim Ahorn ein grünes Pflänzchen.

3) Grundner, „Die Ausscheidung keimfähiger Eicheln mit Hilfe des Wassers". Allg. F.- u. J.-Z. Mai 1887.

4) Im gewöhnlichen Sprachgebrauch pflegt man von der „Keimkraft" eines Samens zu sprechen und braucht diesen das Keimprozent und die Keimenergie umfassenden Ausdruck meist (fälschlicherweise) nur für die Keimzahl. Die seither von den Samenhandlungen im besten Falle garantierten Keimprozente schwanken bei Fichte zwischen 70—80%, Kiefer 70—75%, Lärche 30—40%, Tanne 40—50%, Eiche, Buche 55—75%, Erle 30—40%, Birke 20—30%, Weide, Pappel 5—10%.

große praktische Bedeutung möglichst hochkeimenden Samens ist zwar längst allen Forstwirten bekannt, ist aber erst neuerdings wieder durch die ausführlichen Untersuchungen H a a c k s [1]) an Kiefernsamen in sehr dankenswerter Weise unterstrichen worden und wird, wie Vorgänge aus neuester Zeit [2]) beweisen, in Zukunft die verdiente Beachtung wohl mehr finden, als es bisher im allgemeinen geschehen ist. Bei der Aussaat im Freien ist das Keimprozent wegen der weit ungünstigeren Bedingungen, unter welchen der Samen auf der Saatfläche keimt, stets geringer als bei der Keimprobe im Zimmer. Nicht einmal im Forstgarten, geschweige denn auf den großen Kulturflächen erhält man auch nur entfernt so viel Pflänzlinge, als dem Keimprozent und der angewendeten Samenmenge entsprechen. Das ,,Pflanzenprozent", d. h. die Zahl der aus 100 Samenkörnern hervorgehenden Pflanzen steht vielmehr sehr erheblich hinter dem Keimprozent zurück. Von großer Wichtigkeit ist nun, wie die Untersuchungen H a a c k s für Kiefer zeigen, daß Keimprozent und Pflanzenprozent nicht parallel gehen, sondern daß das letztere bei höherem Keimprozent in schnellerem Tempo ansteigt, mit abnehmender Keimkraft aber auch viel schneller sinkt als das Keimprozent [3]). Wie die unten angeführten Zahlen erkennen lassen, liefert der bei vorsichtigem Klengbetrieb herstellbare 95 %ige Kiefernsamen doppelt so viele Pflanzen als der im derzeitigen Samenhandel als gut angesehene Samen mit 75 % Keimkraft. Von Bedeutung ist ferner auch die Keimenergie. Aus schnell keimenden Samen gehen im allgemeinen kräftigere und besser bewurzelte Keimlinge hervor. Für Kiefer fand H a a c k , daß bei gleichem Keimprozent und verschieden hoher Keimenergie der energischer keimende Samen 10 % Pflanzen mehr gibt als der langsamer keimende. Da beide, Keimprozent und Keimenergie, aber vom Alter des Samens und der Art seiner Behandlung abhängen, wird der in bezug auf Keimzahl hochprozentigere Samen im allgemeinen auch der keimenergischere sein. Der Praxis muß also an der Beschaffung möglichst hochprozentiger Samen liegen. Die Sorge hierfür ist um so mehr angezeigt, je ungünstiger die Verhältnisse der Saatfläche sind. Das mit dem Keimprozent in verstärktem Maße anwachsende Pflanzenprozent erleichtert auch die Aufwendung höherer Preise für ein mit größeren Unkosten hergestelltes keimkräftigeres Saatgut, weil ja entsprechend seiner Güte an der Menge des Samens gespart werden kann.

Die oben genannte K e i m p r o b e beruht darauf, daß man eine bestimmte Anzahl (50, 100, 200 Körner) durch andauernd gleichmäßige Potenzierung der die Keimung bedingenden Faktoren Feuchtigkeit und Wärme, bei genügendem Luft- und Lichtzutritt zu rascherer Entwicklung veranlaßt. Diese Beschleunigung ist erforderlich, damit man in kürzester Zeit (vor Eintritt der Kulturzeit) den gewünschten Aufschluß erhält. Gleichmäßige Temperatur [4]) ist bei den Keimproben erwünscht; namentlich sollten sie nicht in Räumen vorgenommen werden, welche nachts (infolge Unterbrechung der Heizung) erheblich kälter sind als am Tage. Die zu benutzenden Apparate sind vor dem Gebrauch gründlich zu reinigen, damit Pilzbildungen (Schimmel) möglichst hintangehalten werden; Tonplatten etc. werden zu dem Ende vorher ausgeglüht. Der Beginn der Keimung, sowie die Zahl der täglich

---

1) H a a c k , Ueb. d. Keimung und Bewertung des Kiefernsamens nach Keimproben. Ztschr. f. F.- u. Jw. 1906, S. 441. — D e r s . , Die Beschaffung des Kiefernsamens einst, jetzt und künftig. Mittlgn. d. deutsch. Forstver. 1909, S. 137.

2) Nach einem Ministerialerlaß vom 29. I. 1910 soll das Ziel des Darrbetriebes in den preuß. Kieferndarren die Gewinnung eines Saatgutes von mindestens 85% Keimkraft sein.

3) Kiefernsamen von 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95% Keimkraft
ergab 5, 7, 11, 14, 18, 22, 26, 31, 37, 44 Pflanzen.

4) Für die Keimung der Weymouthskiefersamen ist Temperaturwechsel sehr förderlich.

keimenden Körner ist zu notieren. Einzelne späte Nachkömmlinge dürfen bei der Beurteilung der Samengüte unberücksichtigt bleiben, weil solche, im Freien erst gegen den Sommer hin erscheinende und nicht mehr zu normaler Entwickelung gelangende Pflanzen für das Gedeihen der Kultur meist wertlos sind. Daß man sich, um sicher zu gehen, nicht mit einer einzelnen Probe begnügt, sondern gleichzeitig Parallelproben vornimmt, ist selbstverständlich. Man pflegt die Keimprobe nach 4, bei Kiefer nach 6 Wochen abzuschließen [1]). Bei Fichten- und Kiefernproben kommt man aber schon zu einem hinreichenden Urteil, wenn der Keimversuch nach 14 Tagen abgebrochen wird und die bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht gekeimten, beim Durchschneiden aber als frisch befundenen Körner den gekeimten zugezählt werden. (Hiltner und Kinzel, Keimungshemmungen. Naturw. Ztschr. f. L.- u. Fw. 1906, S. 36.)

Die oben angedeuteten Mittel zur Beschleunigung des Keimprozesses sind u. a. Aussaat in Scherben, deren Erde man ständig feucht erhält und die man in einen mäßig warmen Raum stellt (Scherbenprobe); Einlegen des Samens in dauernd feuchte Flanelllappen (Lappenprobe) oder Filtrierpapier; Anwendung besonderer Keimapparate, wie z. B. der Hannemann'schen Keimplatte [2]) (poröse Tonplatte mit Vertiefungen zum Einlegen der Samen, steht in Wasser bis zur Höhe des Bodens dieser Vertiefungen), des Nobbe'schen Keimapparates [3]) (von einer Wasserrinne umgebener, muldenförmiger Tonbehälter zum Einlegen der Samen, von einem mit Luftöffnung versehenen Tondeckel überdeckt), der Apparate von Stainer und Grünwald [4]) (poröse mit Vertiefungen versehene Tonplatten, in Wasser liegend, mit einer Glas- oder Porzellanglocke bedeckt), des Apparates von Coldewe und Schönjahn [5]) (Auslegen des Samens auf feuchtem Sand, Bedecken mit einer Filzplatte und mit Glasdeckel), Magerstein [6]), Keimkasten von Dr. Cieslar [7]), Pfizenmayers Keimkasten [8]) (ein kleiner, blechbeschlagener, mit matter Glasplatte bedeckter Holzkasten, in welchem auf nassem Torfmull der entsprechend kleinere, aus Zinkblech gefertigte, sandgefüllte, am Boden siebartig durchlöcherte Keimkasten steht. Der Apparat wird auf den warmen (nicht überhitzten) Ofen oder Herd gestellt; er arbeitet rasch und genügend sicher: für schnell vorzunehmende Proben zu empfehlen), Keimapparat von Entel [9]) (Vertiefungen eines in Wasser eingesetzten Gipsblockes nehmen die Samenkörner auf) usw.

Die Untersuchung einer Samenlieferung auf ihren Gebrauchswert wird am zweckmäßigsten an einer zwischen Käufer und Verkäufer zu vereinbarenden Samenkontrollanstalt vorgenommen. Diese gut eingerichteten Anstalten verfügen über alle erforderlichen Hilfsmittel, so daß die Prüfung naturgemäß exakter durchgeführt wird als durch den einzelnen Samenkäufer, dem in den meisten Fällen nur ein mangelhafter Apparat zu Gebote steht. Namentlich dann, wenn es sich um größere, hohe Werte repräsentierende Lieferungen handelt, ist die staatliche Samenprüfungsanstalt der gegebene Ort für die Prüfung. Zur Orientierung in einzelnen Fällen, bei kleineren Quantitäten ist die Prüfung durch den Empfänger deshalb nicht ausgeschlossen.

1) Vgl. Schwappach, Bestimmungen f. d. Waldsamenprüfungsanstalt bei der Hauptstation des forstl. Versuchswesens zu Eberswalde. Allg. F.- u. J.-Ztg. 1901, S. 33.
2) Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung von 1870, S. 153.
3) Nobbe, „Handbuch der Samenkunde" 1876, S. 507.
4) Vgl. Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung von 1884 S. 371. Beide Apparate funktionieren gut.
5) Vergl. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, Sept. 1886, S. 481 ff.
6) Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen 1886, S. 348.
7) Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen 1890, S. 251.
8) Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung 1893, S. 17.
9) Forstw. Zentralbl. 1897, S. 535.

Vom Staat eingerichtete Kontrollanstalten, welche in amtlicher Eigenschaft die Prüfung nach bestimmten Formen vornehmen, bestehen jetzt an vielen Orten; so z. B. in Hohenheim (Württemberg), Zürich (Schweiz), Eberswalde, Dresden, Mariabrunn (Oesterreich), Barres-Vilmorin (Frankreich) [1]).

III. Das Keimbett.

§ 56. Vorbemerkungen: Da bei der Keimung Feuchtigkeit, Wärme und Sauerstoff der Luft zusammenwirken, so muß der Samen bei der Aussaat in Verhältnisse gebracht werden, welche ihm die möglichst ungestörte Einwirkung dieser Faktoren darbieten. Lichtabschluß wirkt hemmend. Anhaltende Trockenheit, sowie Frost sind besonders dann schädlich, wenn sie im Zeitpunkte der beginnenden Keimung eintreten. Gegen alle schädigenden Einflüsse kann, soweit sie sich in mäßigen Grenzen halten, also z. B. die Trockenheit nicht zu lange andauert oder der Frost nicht zu heftig auftritt, das Umgeben des Samenkornes mit lockerer Erde Schutz gewähren. Ueberdies ist für das sofortige Anwachsen des zuerst aus der Hülle hervorbrechenden Würzelchens erforderlich, daß dieses baldigst mineralischen Grund erreicht.

Herstellung eines guten Keimbettes: Alle hierauf gerichteten Maßregeln haben ihren Grund in den vorstehend angedeuteten Bedingungen einer raschen, sicheren Keimung. Der Kulturkostenaufwand wird durch derartige Vorarbeiten stets mehr oder weniger bedeutend erhöht, weshalb sorgfältigst zu erwägen ist, ob sie nötig sind, bezw. ob sie die gedeihliche Entwickelung der jungen Saat so fördern, daß sich die Ausgabe lohnt. Die billigsten Mittel, welche uns den Zweck erreichen lassen, sind zu wählen. Dabei ist aber wohl zu beachten, daß — so sehr auch die Kulturkosten das Konto des zu erziehenden Bestandes belasten — doch nicht am unrechten Orte gespart werden darf. Kulturen, bei deren Ausführung man an Aufwand für Bodenvorbereitung gespart hat, werden oft durch die erforderlichen Nachbesserungen zu teueren, oder die zweifelhafte Entwickelung des geschaffenen Bestandes bedeutet einen Verlust, der den Kulturkosten zugeschlagen werden muß. Statische Erwägung ist hier besonders angebracht. Die zur Herstellung eines guten Keimbettes notwendigen Operationen bestehen je nach den Umständen in der Entfernung eines den mineralischen Boden nach außen abschließenden oder die Keimpflanzen demnächst benachteiligenden Bodenüberzugs, in der Auflockerung des Bodens da, wo dieser zu fest gelagert ist, und ausnahmsweise auch wohl in Herbeischaffung des für die Keimung geeigneten Bodens an Stellen, wo solcher fehlt.

A. Entfernung eines hinderlichen Bodenüberzugs: Eine lichte Grasnarbe oder dünne Decke aus Laub, Moos, Kräutern (auch Heide, Beerkraut), unter welchen der Boden, genügend locker, sich einigermaßen frisch erhält, ist im allgemeinen der Saatkultur nicht hinderlich. Fehlt dieser Ueberzug (als Beweis eines lebendigen tätigen Bodens), wie nicht selten auf trockenen, steilen oder sandigen Orten, so hat man öfter mit Erfolg versucht, ihn erst zu gewinnen, indem man die Fläche einige Zeit hindurch vollständig sich selbst überläßt. Als allgemeine Maßregel ist dies jedoch wegen der Gefahr weitergehender Aushagerung des Bodens und Zerstörung seiner Krümelstruktur nicht anzuraten. Unbedingt hinderlich dagegen wirkt jede stärkere Bodendecke, also jede zusammenhängende dichte, hohe

1) Nachrichten über diese Anstalten bezw. deren Unterstützungsergebnisse finden sich u. a. Schweiz. Ztschr. f. Forstw. 1892, 112. Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 1899, 339; Tharand. Jahrb. 1890, 103; Allg. F.- u. J.-Ztg. 1901, 33.

Laub- oder Nadelschicht, zumal wenn sie sich infolge ungenügender Streuzersetzung als Trockentorf charakterisiert. Schädlich sind ferner festgeschlossene Polster von Moos und Gräsern oder massige Ueberzüge von Farnkräutern, Heide, Heidelbeere, Himbeere, Brombeere, Epilobium, Senecio, Digitalis usw. Die Entfernung eines derartigen Ueberzugs geschieht meist nur teilweise. Man wendet unter solchen Verhältnissen, wenn man überhaupt säet, stellenweise Saat an, weil die Bodenvorbereitung für Vollsaat zu teuer würde. Die Bearbeitung erfolgt 1. bei Laub und Moos mittels des Rechens (event. besondere kräftig gebaute Waldrechen), oder durch Ueberеggen mit Feld- oder Ketteneggen, bei besonders mächtigen Laubschichten auch wohl mittels Pflügens (Vogelsberg). Weiterhin kommt Unterhacken der oberen Schicht und dadurch Mengung mit dem Mineralboden in Frage. Dem letztgenannten Zwecke dienen auch die dänische Rollegge und die ihr nachgebildeten Grubber, deren vorzügliche Leistungen schon oben S. 96 erwähnt wurden; 2. bei Gras, Heide, sonstigen Forstunkräutern durch Abschneiden mittels Sichel, Sense, Heppe, Beil, Schere etc.[1]) oder eines Riefenabschneiders[2]); 3. bei Sträuchern durch Abhauen mit dem Beil oder Abschneiden mit der Durchforstungsschere, oder durch Ausstocken (Schwarzdorn), wenn man vollständige Entfernung wünscht. Auch Abbrennen kann unter Umständen angewendet werden und fördert rasch. Bedingungen hierfür sind: mäßig trockenes Wetter, Trockenheit des Bodenüberzugs (Heide, Gras etc. im Frühjahr, stehend; Kräuter nach vorherigem Abmähen und Abwelken). Es ist selbstverständlich, daß alle möglichen Vorsichtsmaßregeln zur Verhütung des Ueberlaufens des Feuers ergriffen und beobachtet werden müssen. Dazu gehören Aufgebot der nötigen Mannschaft, streifenförmige Bodenverwundung um die Brandfläche, Vermeiden von Tagen mit stärkerem Winde usf.

B. Bodenlockerung: Je besser die Bodenlockerung, um so besser der Kulturerfolg. Immerhin wird man des meist erheblichen Kostenpunktes wegen im allgemeinen sich begnügen, den Boden nur so weit zu bearbeiten, daß eine für den Kulturerfolg genügende Anzahl von Samenkörnern mit dem mineralischen Boden in hinreichend innige Berührung kommt, um sich zunächst zu guten Keimpflanzen zu entwickeln, und daß letzteren dann in dem gelockerten Boden vor allem die Bildung eines normalen Wurzelsystems ermöglicht ist. Uebrigens kann durch Bodenlockerung hin und wieder die Gefahr des Auffrierens in unerwünschter Weise erhöht werden. Die Mittel der Lockerung sind für Vollsaat und stellenweise Saat verschieden.

1. Vollsaat: a) Früher hat man sich zum Umbrechen des Bodens bisweilen mit Vorteil der Schweine bedient, die, in mäßigem Tempo über die Fläche getrieben, eine unter Umständen hinreichende oberflächliche Bodenverwundung fertig brachten und gleichzeitig durch Vertilgen von Bodentieren aller Art nützlich wurden. Die heutige Zeit, die dem Mastschwein die nötige Fertigkeit im Umbrechen des Bodens nicht mehr zutraut, muß zu anderen Mitteln greifen und besorgt die Bodenlockerung durch Kurzhacken, Eggen, Grubbern und Pflügen des Bodens. Die Verwendung von Spaten, die an und für sich die beste Bodenlockerung verbürgt, kommt der hohen Kosten wegen nur bei der Bearbeitung kleiner Flächen (Saatkämpe) oder bei stellenweiser, namentlich Plattensaat in Betracht.

Hacken sind Universalinstrumente für jede Art von Bodenbearbeitung und sind na-

---

1) Zum Teil eigens für diesen Zweck konstruierte Instrumente; vergl. Beil, „Forstw. Kulturwerkzeuge und Geräte", sowie die bezüglichen Kapitel der größeren Waldbauschriften, z. B. Heyers Waldbau, 5. Aufl. S. 115 ff.

2) „Der Riefenabschneider" von Kehrein. A. F.- u. J.-Z. von 1878, S. 37.

mentlich dort unumgänglich, wo die meist durch Spannkraft fortbewegten größeren und bei passenden Verhältnissen viel wohlfeiler arbeitenden Werkzeuge den Dienst versagen. Welche Art von Hacken am zweckmäßigsten ist, ist schwer zu sagen. Die Hacken mit breiten Blättern arbeiten gut, wenn es sich nur um Abschälen eines nicht zu dicken Ueberzugs handelt. Zur Bodenlockerung und zum Beseitigen dicker, verfilzter Bodendecken sind Hacken mit schmäleren Blättern aber mehr geeignet. Steinige und verwurzelte Böden verlangen sogar die Anwendung von Spitz- und Rodehacken. — Eggen. Außer der gewöhnlichen Feldegge kommen in Tätigkeit: die sog. Strauchegge, bei welcher die Enden eingelegter Reisigbündel die Bodenverwundung besorgen, für nicht zu dicht benarbten Sandboden, auf welchem Kiefernsaat ausgeführt werden soll, oft vollkommen genügend; die dreieckige Egge, die Kettenegge (aus einer Anzahl einzelner mit Zinken versehener und durch kurze Kettenstücke verbundener kleiner Platten bestehend — beweglich), wie z. B. die Waldegge von Laake (Oesterr. Forstzeitung 1889, 8), eine Kettenegge mit auswechselbaren Zähnen; neuestens die Federegge [1] (mit beweglichen Zähnen). Eine gut arbeitende Egge (nach Oberforstmeister Hahn, Zeitschr. f. Forst- u. J. 1892, 457) mit rückschlagenden Löffelzinken ist die Ingermann'sche Waldegge. Stöcke, Steine, Wurzeln etc. bieten der Arbeit der gewöhnlichen Feldegge Hindernisse; gegen solche sucht die Kettenegge und die Federegge anzukämpfen. — Grubber. In neuerer Zeit werden nach dänischem Vorbilde die auf Zerreißung der oberen Bodendecke und auf Mischung der organischen Stoffe mit dem Mineralboden gerichteten Wühlapparate empfohlen. Der Typus dieser schweren, durch Pferde fortbewegten Werkzeuge ist die dänische Rollegge. Nachbildungen derselben von teilweis erhöhter Leistungsfähigkeit sind die Waldgrubber: Webers Waldgrubber. Auf bereits vorbereiteten Böden, in Saatkämpen, auf Pflugfurchen usw. treten die kleineren Handapparate (Spitzenbergs Wühlrechen, Wühlrad, Wühlspaten) an ihre Stelle. — Waldpflüge sind in mannigfacher Gestalt konstruiert worden. Es sind teils Karren- oder Räderpflüge, teils Stelz-, teils Schwingpflüge im Gebrauch. Neben gewöhnlichen Pflügen kommen auch Untergrundpflüge (tiefere Lockerung) zur Benutzung. Beispiele: Der Waldpflug, sowie der Untergrundpflug von Alemann [2], der Waldpflug von Eckert [3], derjenige von Erdmann [4], von Osterheld (zur furchenweisen Bodenbearbeitung behufs Aufnahme der Buchelmast [5], von Bötzel [6], von Thaler (A. F.- u. J.-Z. 1906, 145), von Schenk v. Schmittburg (ebendas. 1907, 339; 1911, 58), fernerhin die dänischen Pflüge (vgl. Metzger, Dänische Geräte z. Bodenbearbeitung).

Als ein besonderer Fall der Anwendung des Pfluges möge hier der Kiefernanbau auf Pflugwällen (preuß. Oberförsterei Dobrilugk) erwähnt werden [7]. Durch das Ausheben vertiefter Pflugfurchen werden wallartige Erhebungen gebildet; auf letzteren wird kultiviert. Allgemein sind auf undurchlassendem Boden die Pflugfurchen nicht selten zu naß.

Die volle Bodenbearbeitung ist (vom Schweineeintrieb und allenfalls von der oberflächlichen Verwundung eines ebenen, mit kurzem Gras überkleideten Bodens durch die Egge abgesehen) meist zu teuer, als daß sie ohne übermäßige Belastung der Wirtschaft ausgeführt werden dürfte. Eventuell ist, wenn man sich nicht mit stellenweiser Saat begnügen will, von der Saat überhaupt Abstand zu nehmen und zur Pflanzung überzugehen.

2. Stellenweise Saat. Für sie tritt vorgängige Bodenbearbeitung (wenigstens für Riefen- und Plattensaat) fast immer ein. Die Kultur muß, da sie auf einzelne Teile der Fläche beschränkt ist, auf diesen in ihrem Erfolg durch besondere Sorgfalt möglichst gesichert sein. Der Aufwand für die Bodenbearbeitung ist hier entsprechend geringer, als wenn die betreffenden Arbeiten auf der ganzen Fläche durchgeführt werden.

a) Streifen: Die Richtung ist in der Ebene meist nur bedingt durch die Wege, auf welche die Streifen zur Erleichterung der Holzausbringung bei den Reinigungen und ersten Durchforstungen unter einem annähernd rechten Winkel

---

1) Vergl. über diese und einige andere Waldeggen von Alten's Aufsatz in Danckelmanns Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1886, S. 375 ff. — vergl. auch Allg. F.- u. J.-Z. von 1879, S. 262.

2) Alemann, Ueber Forstkulturwesen, 3. Aufl. S. 25 ff

3) Allg. Forst- und Jagdzeitung von 1869, S. 481.

4) Daselbst 1866, S. 327.

5) Forstwiss. Zentralbl. 1900, 131.

6) Holz-Verkaufsanzeiger, 1893, 12.

7) Zeitschr. f. Forst- u. J. 1888, 513.

aufstoßen sollen, sowie allenfalls durch die Windrichtung. Es wird als zweckmäßig angesehen, daß der Wind tunlichst senkrecht auf die Saatstreifen trifft, sie aber nicht in ihrer Längserstreckung bestreicht. An Hängen würde die Rücksicht auf die Holzausbringung zur Anlegung der Streifen oft geradezu in der Richtung des größten Gefälles (Einmündung in die Tal- und Hangwege) führen. Mit Rücksicht auf die dadurch gesteigerte Gefahr des Abschwemmens von Bodenkrume, Samen und Pflanzen läßt sich diese Richtung der Streifen meist nicht einhalten. Vielmehr empfiehlt sich hier horizontale Lage der Streifen mit Anhäufung des Abraums am unteren Streifenrande. Eine geeignete Vermittelung wird nicht selten durch eine die Richtung des größten Gefälles in schiefem Winkel durchschneidende Erstreckung der Streifen gefunden. Den vom Wasser (Platzregen, Schneeabgang etc.) drohenden Gefährdungen kann einigermaßen auch durch Unterbrechung der Streifen (sog. Stückrinnen) begegnet werden. — Breite der Streifen: hauptsächlich abhängig vom Unkrautwuchs auf den zwischenliegenden Streifen. Die jungen Pflanzen dürfen von der Seite her nicht überlagert und unterdrückt werden; durchschnittliche Breite 25—50 cm. — Abstand der Streifen: von Rand zu Rand meist ¾—1½ m, bei langsamwüchsigen Holzarten und zur Erzielung eines raschen Bestandesschlusses am geringsten. — Herstellung der Streifen: oft, zumal in sehr unebenem Terrain, nach dem Augenmaß; sonst Abstecken unter Anwendung von Pflanzschnur etc., Entfernung des Bodenüberzuges, Lockern des mineralischen Grundes (mit Hacke oder Pflug), event. Bildung eines erhöhten Aufwurfs (und demnächstige Saat auf die erhöhten Streifen, damit die jungen Pflanzen nicht von Laub etc. überdeckt werden (sog. Dammkulturen). Die Kosten betragen bei Anfertigung mit der Hacke pro ha (bei 0,3 m Breite und 1¼ m Abstand der Streifen) im ganzen 30—40 Taglöhne.

b) Platten: Ihre Größe und Entfernung (von Mitte zu Mitte) ist abhängig von der Entwicklung der Keimpflanzen, Art des Unkrautwuchses, vom Eintritt des Bestandesschlusses; mittlere Größe 0,25 □Meter und mittlere Enfernung 1—1½ Meter. Die Platten erhalten meist eine quadratische Gestalt, werden auch wohl kreisförmig oder als der Quadratform sich annähernde Rechtecke angelegt. — Anfertigung: Abräumen des Bodenüberzugs, Lockern des mineralischen Grundes (mit Hacke, Kreisrechen [1]), Spitzenbergs Wühlspaten).

C. Herbeischaffen von Kulturerde. Für den Zweck einer Saatkultur (z. B. zwischen die Steine in Steinräuhen etc.): gute Walderde, Kompost, Rasenasche. Die Maßregel ist, weil teuer, möglichst zu vermeiden; nur ausnahmsweise und für kleine Flächen kommt sie in Betracht.

Die zeitliche Ausführung der Bodenbearbeitung richtet sich teils nach den vorhandenen Arbeitskräften, teils nach den Bedürfnissen des Bodens. Zumeist geht sie der Saat unmittelbar voran. Es kann sich aber namentlich auf bindigen Böden sehr empfehlen, die im Frühjahr zu besäenden Stellen bereits im Herbst zuvor zu lockern, teils um die Arbeit im Frühjahr zu verkürzen, hauptsächlich aber, um den Boden physikalisch zu bessern.

IV. Die Aussaat.

§ 57. A. Saatzeit. Eine allgemeine Vorschrift in bezug auf die Saatzeit läßt sich nicht geben. Abgesehen von denjenigen Holzarten, deren Samen baldigst in den Boden gebracht werden müssen, weil sie ihre Keimkraft nach der Reife rasch

1) Vergl. Beil, „Kulturwerkzeuge“ Fig. 90—96.

verlieren, wie Ulme, Birke, die deshalb im Juni bezw. Juli—August ausgesäet werden, säet man entweder im Herbst oder im Frühjahr. Die Frühjahrssaat bildet im allgemeinen die Regel [1]). Bei der Herbstsaat hat man zunächst den Vorteil, daß man den Samen nicht aufbewahren muß, sondern im Vollbesitz der Keimkraft aussäet. Weiter pflegen die Herbstsaaten zeitiger aufzulaufen als die Frühjahrssaaten, sie entwickeln sich dementsprechend, sofern Fröste nicht stören, schon im ersten Sommer kräftiger und nützen namentlich auf trockenen Böden die Frühjahrsfeuchtigkeit besser aus als die erst später ausgeführten Frühjahrssaaten. Sie sind aber Gefahren aller Art mehr ausgesetzt als jene, leiden unter Tierfraß (Vögel, Mäuse, Wild, Eichhörnchen), Abschwemmen bei der Schneeschmelze, Spätfrost infolge frühen Auflaufens und stehen deshalb im Erfolg sehr oft den Frühjahrssaaten nach. Rücksicht auf Arbeitskräfte, Kürze der verfügbaren Kulturzeit im Frühjahr, namentlich in höheren Lagen, wo der Boden lange mit Schnee bedeckt ist, ferner Unmöglichkeit der Aufbewahrung des Samens durch den Winter können gleichwohl zur Herbstsaat veranlassen. Bei der Entscheidung ist nicht außer acht zu lassen, daß bei weit hinausgezögerten Frühjahrssaaten die Keimlinge nicht selten, bevor sie einigermaßen erstarkt sind, durch Trockenheit und hohe Temperaturen zu leiden haben. Verspätete Saaten sind auch den Frühfrösten gegenüber oft nicht widerstandsfähig genug. Samen von Holzarten, die infolge eines Keimverzuges zu überliegen pflegen, d. h. nicht sofort nach der Aussaat im Frühjahr keimen, sondern meist erst nach 1jährigem Lagern im Keimbett auflaufen, säet man zuweilen schon im Herbst, weil dann ein Teil der Körner bereits im nächsten Frühjahr keimt. Immerhin sind derartige Saaten meist sehr unvollkommen. Der Gleichmäßigkeit der Saat wegen empfiehlt es sich mehr, Samen überliegender Holzarten (Esche, Hornbaum, Ahorn, Linde) ein Jahr vor der Aussaat in frischen Boden einzuschlagen und dann im Frühjahr auszusäen.

B. Erforderliche Samenmenge. Sie ist abhängig von der Qualität des Samens, dem Saatverfahren, der Holzart, dem Standort, dem gewünschten Maß der Bestandesdichte, der Bodenvorbereitung und dem Wirtschaftszweck.

1. Qualität des Samens. Je keimkräftiger der zur Aussaat gelangende Samen ist, um so weniger braucht man, um unter gegebenen Verhältnissen und bei normalem Verlauf der Witterung die Flächeneinheit mit dem nötigen Pflanzenmaterial zu versehen. Wie das oben S. 107 von der Kiefer angegebene Beispiel zeigt, kann die Samenmenge stark eingeschränkt werden, wenn hochkeimender, frischer Samen zur Verwendung kommt. Samen, der bereits länger aufbewahrt wurde, oder Samen von Holzarten, deren Keimungsprozent selbst bei frischem Samen niedrig ist, müssen entsprechend stärker gesäet werden. Einen ungefähren Anhalt für die jeweils zweckmäßige Samenmenge bietet die Feststellung des Pflanzenprozentes bei den verschiedenen Keimprozenten, wie es durch Haack für Kiefer geschehen

1) Speziell findet sich meist die Vorschrift, man solle recht früh säen, um von der Winterfeuchtigkeit möglichst zu profitieren. Zu beachten ist aber, daß für die Entwickelung der Samen auch eine gewisse Wärmemenge Bedingung ist, und daß eintretende Kälterückschläge die Keimung sehr ungünstig beeinflussen können. Im allgemeinen hat es keinen Wert, vor April zu säen: vergl. auch v. Alten, „Wie wirkt die Saatzeit ..?" in Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1887, S. 10 ff. Dieser hatte — Revier Kupferhütte, Reg.-Bez. Hildesheim — mit Forche die besten Erfolge bei der Aussaat Mitte April. Die Frage muß örtlich, durch mehrere Jahre hindurch und in Ausdehnung des Versuchs auf verschiedene Holzarten untersucht werden. Insbesondere darf daran erinnert werden, daß sich für Gebirgslagen als beste Saatzeit nicht selten erst Mai oder Juni ergeben; in eigentlichen Hochlagen ist frühere Aussaat oft gar nicht möglich. Uebrigens wird für trockene steile Hänge, zumal fürs Gebirge, auch Schneesaat (Ausstreuen des Samens auf die Schneedecke) empfohlen: cfr. G. Raßl in Oesterr. Forstz. 1888, 282.

ist. Die preußische Ministerialverordnung vom 29. I. 1910 schreibt unter Beachtung dieser Feststellungen für Kiefer vor, daß bei 85 %igem Samen auf 1 ha im Höchstfalle 3 kg auszusäen sind und daß einem kg solchen Samens 1,7 kg 70 %iger, 1,4 kg 75 %iger, 1,2 kg 80 %iger, 0,8 kg 90 %iger und 0,7 kg 95 %iger entsprechen. — Saatverfahren: man rechnet für Streifensaat 2/3 bis 3/4, bei Plattensaat ½ der Vollsaatsamenmenge. — Holzart: bei langsamwüchsigen, empfindlichen, zärtlichen Holzarten und solchen mit schlechtem Ausformungsvermögen säet man dichter als bei Holzarten mit entgegengesetzten Eigenschaften. — Standort: je schlechter der Boden, je mehr Gefahren der Standort aufweist (Unkrautwuchs, Frost, Dürre, Insekten etc.), um so mehr Samen. — Bestandesdichte: alle Extreme sind falsch; sehr oft wird zu dicht gesäet. Dichte Saaten imponieren aber nur in der Jugend. Später verursachen sie, wenn sie nicht verbutten sollen, kostspielige Verdünnungsmaßregeln. Ausbesserungen zu dünner Saaten sind aber auch nichts Angenehmes. Die richtige Dichte ist nicht leicht zu treffen, ist zum Teil Glückssache. Mit 10 Jahren soll möglichst auch beim Schattenholz der Schluß eingetreten sein. Dichtere Saaten können wirtschaftlich dort gerechtfertigt sein, wo der Markt für die schwächsten Durchforstungs- und Reinigungssortimente empfänglich ist oder wo Anzucht von Pflanzenmaterial (Schlagpflanzen) beabsichtigt ist. — Bodenvorbereitung: je sorgfältiger diese ist, um so günstiger die Bedingungen des Keimens, um so mehr kann also an Saatgut gespart werden. — Wirtschaftszweck: siehe Bestandesdichte.

Durchschnittliche Zahlenangaben [1]):

a) Anzahl der Samen pro Maß-, bezw. Gewichtseinheit [2]):

Eiche pro hl (= 70—100 kg) 18 000—25 000 Stück. — Buche pro hl (= 50 kg) 150 000 bis 200 000 Stück. — Gem. Kiefer (ungeflügelt) pro kg 150 000 Körner. — Fichte pro kg 150 000 Körner. — Tanne pro kg 20 000 Körner. — Lärche pro kg 160 000 Körner.

b) Samenmenge pro 1 ha bei Vollsaat:

Eiche 7—15 hl. — Buche 3—6 hl. — Gem. Kiefer (ohne Flügel) 6—8 kg. — Fichte 8 bis 12 kg. — Tanne 60—80 kg.

C. Beförderung der Keimung: Mehrfach ist die Frage erwogen worden, ob man nicht durch besondere Behandlung der Samen vor der Aussaat die Keimung beschleunigen und dadurch vielleicht über gewisse Mißlichkeiten (schlechtes, unregelmäßiges oder verzögertes Keimen infolge langen Liegens im Boden etc.) hinauskommen könne. Als einfachstes Mittel erscheint das Anquellen des Samens in Wasser einige Tage vor der Aussaat. Für den Kulturbetrieb im großen ist im allgemeinen das Anquellen nicht anzuraten, weil — abgesehen von der Umständlichkeit des Verfahrens und der Erschwerung der Aussaat — der aufgelaufene Samen, wenn nach der Saat eine Periode der Trockenheit oder Kälte folgt, zu leicht (meist weit mehr als nicht gequollener) notleidet. Empfehlenswert ist das Anquellen bei dem schlecht keimenden Lärchensamen und auch bei Bucheckern, wenn diese im Winterlager stark ausgetrocknet sind. Man mischt sie dann entweder mit feuchtem Sand oder feuchtet sie im geschlossenen Raum durch Ueberbrausen an und säet sie aus, wenn die Keime sich zeigen.

---

1) Zu vergleichen hier und in betreff des gesamten Kulturbetriebes bei Zahlenangaben in dem Forst- und Jagd-Kalender von Judeich und Behm, jetzt Neumeister-Retzlaff, in Hempels Taschenkalender für den österr. Forstwirt und in den verschiedenen Waldbauschriften. — Alle angegebenen Zahlen können nur einen ganz ungefähren Anhalt liefern und sind für den konkreten Fall event. zu modifizieren.

2) Vergl. Baur im forstwiss. Zentralblatt von 1880, S. 341. — Heß, Encyklopädie und Methodologie 1888, II, 1 (S. 61). — Heyer, Waldbau, 5. Aufl., 1. Bd., 1906, S. 177. — Handbuch, II, Forstbenutzung.

Für den Forstgarten, wo man auf kleinem Raum die Aussaat konzentriert und, wenn nötig, jederzeit beispringen kann (Bedecken der Beete, Begießen etc.), mag eher einmal vom Anquellen Gebrauch gemacht werden (z. B. bei Verwendung älteren Samens, bei verzögerter Aussaat usw.). Durch Anwendung chemischer Agentien (Chlorwasser, Kalkwasser, verdünnte Säuren etc.) hat man überdies versucht, die Samenhülle zu lockern und dadurch die Keimung zu befördern; sicherstehende Resultate sind nicht zu verzeichnen. Denn wenn z. B. auch Vonhausen (Allg. F.- u. Jagd-Zeitung von 1858, S. 461 und 1860, S. 8), sowie Heß (Zentralblatt für d. ges. Forstwesen 1875, S. 463) für Nadelholzsamen gute Erfolge hatten, so haben andererseits gelegentlich angestellte Proben der württemberg. Versuchsstation zu greifbaren Ergebnissen nicht geführt. Neuerdings haben Hiltner und Kinzel (Naturw. Ztschr. f. L.- u. Forstw. 1906, S. 36, Samen von Pinus silvestris, Strobus, Cembra und Peuce mit konzentrierter Schwefelsäure benetzt, dann ausgewaschen und die Schwefelsäure mit Kalkmilch neutralisiert. Die durch die Schwefelsäure bewirkte Abbeizung der Samenschale führte zu einer Erhöhung der Keimungsgeschwindigkeit. Luft und Wasser vermögen durch die dünner gewordene Schale leichter in das Sameninnere einzudringen. — Ulmensamen wird bei der Aussaat zweckmäßig mit feuchtem Sand vermischt. — Für die Nüsse von Pinus Cembra wird Vorkeimen in Gruben empfohlen (Hallbauer in Allg. Forst- u. J.-Z. 1891, 439). Die Nüsse werden im Herbst in eine mit Stroh belegte, mit einem den Luftzug vermittelnden Quandel versehene Grube, mit Sägespänen vermischt, eingebettet; im Mai haben sie ihre kleinen Keime ausgetrieben und kommen ins Saatbeet, wo die Keimpflanzen nach 14 Tagen aufgehen. — Vorkeimen der Juglans- und Carya-Nüsse in Gruben oder in Haufen über der Erde unter Behandlung mit Sand, Mist, Jauche [1]).

D. Die einzelnen Saatmethoden. 1. Vollsaat: Sie erfolgt meist aus der Hand. Größere kompliziertere Säemaschinen kommen für Vollsaaten beim Forstkulturbetrieb wenig in Anwendung, denn sie sind nur auf ebenem Boden ohne Hindernisse, wie Steine, Stöcke etc. zu gebrauchen. Ihre Anschaffung könnte nur etwa für ausgedehnte Nadel-Waldungen (Kiefer) der Ebene in Frage kommen. Doch ist bisweilen auch hier das jährlich zu bewältigende Objekt und damit die bei der Arbeit zu erzielende Ersparnis zu gering im Vergleich zu den Anschaffungskosten. Dort aber, wo die Arbeitskräfte teuer oder unzureichend sind, hat man allen Grund, sich von der Menschenhand zu emanzipieren und zu schneller und demzufolge billiger arbeitenden Säemaschinen überzugehen. Beim Gebrauch einer gutfunktionierenden Maschine ist die Ersparnis an Zeit, Arbeit und oft auch Samen dann so bedeutend, daß die Maschine bald amortisiert ist. Zumeist wird es sich aber um Maschinen zur Streifensaat handeln, da Vollsaat aus dem oben (S. 100) genannten Grund so wie so nur äußerst selten zur Anwendung kommt. Bei der Handsaat sind geübte Arbeiter zu verwenden (die Zahl derselben in maximo bestimmt durch die Forderung ständiger Kontrolle seitens des Schutzbeamten). Abstecken der Saatgänge, an Berghängen horizontal, Vorrücken von oben nach unten; in der Ebene oft Teilung des Samenquantums und Besäen der Flächen in zwei Richtungen (in die Länge und in die Quere). Unterlassen der Saat bei starkem Wind. Bei Mischsaaten (z. B. Kiefer und Fichte) Ausstreuen der verschiedenen Samenarten nicht in Untermengung, sondern nacheinander zur Erzielung einer gleichförmigen Mischung. — 2. Stellenweise Saat: Gleichmäßige Verteilung des Samens auf den Streifen und Plätzen ist zu erstreben. Nicht immer werden bei Streifensaaten die Streifen breit besäet, sondern ab und zu werden auf ihnen erst noch besondere Furchen (Rillen, Riefen, Rinnen) zur Aufnahme des Samens gefertigt. Im Falle diese Rillen nicht in der Längsrichtung der Streifen, sondern quer wie die Sprossen einer Leiter gezogen werden, spricht man von Leitersaaten. Werden die Streifen alle 2—3 m unterbrochen und die Teilstücke in dieser oder jener Form besäet, so nennt man eine solche Saat Stückriefensaat. Gleichviel, welche Methode man anwendet, für alle gilt: Nicht zu dicht säen! Aussaat aus der Hand, oder, auf günstigem

1) Allg. Forst- und J.-Z. 1887, 362. — Schwappach, (Zeitschr. f. F. und J. 1888, 14 und 509).

Terrain, unter Benutzung von Säeapparaten bezw. -Maschinen zur Erhöhung der Gleichförmigkeit des Ausstreuens und Förderung der Arbeit. Zu den einfachen Apparaten, welche von Arbeitern getragen werden, gehören z. B. das Säehorn, die Saatflinte[1]) und der Harzer Saattrichter. Neben ihnen gibt es eine große Reihe von Maschinen, die teils von Arbeitern geschoben oder gezogen, teils unter Zuhilfenahme von Spannkraft fortbewegt werden. Sie bestehen in der Hauptsache aus einem auf einem fahrbaren Karrengestell montierten Samenbehälter, aus dem der Samen so herausfließt, wie es die im oder am Samenkasten befindliche verstellbare Verteilungsvorrichtung oder Ausflußöffnung zuläßt. Zu nennen sind die älteren Maschinen von Runde, Roch, Göhren, ferner die Sacksche Säemaschine, eine zweiarmige Handdrillmaschine[2]), die Waldsäemaschine von Pollack (Oesterr. Forstztg. 1895, S. 61), bei welcher das rotierende Rad eine Schüttelvorrichtung in Bewegung setzt, u. a., sowie die kompliziertere und teuere (Preis 140 Mk.), aber zur Bewältigung großer Flächen in der Ebene sehr leistungsfähige gute Maschine von Drewitz[3]). Für Saat in Pflugfurchen empfiehlt Schenk v. Schmittburg seine von ihm konstruierte Düngerstreu- und Waldsamensäemaschine (Allg. Forst- und J.-Ztg. 1911, 58). Für ebene und gut vorbereitete Böden, namentlich Saatbeete, eignen sich weiterhin die Hackersche und die nach ihrem Prinzip gebauten anderen kleineren Maschinen. Als Maschine für Plattensaat ist der „Plattensäer“ von Zitny[4]) empfohlen.

E. Unterbringen und Bedecken des Samens: Die Bedeckung mit Erde (zum Schutz gegen Frost, Austrocknen, Tierfraß etc.) soll für größere Samen im allgemeinen stärker sein als für kleine, desgl. darf sie stärker sein für solche, welche beim Keimen die Kotyledonen unter der Erde lassen. Das Maximum soll aber selbst bei Eicheln, Juglans- und Carya-Nüssen, Kastanien 10 cm nicht überschreiten. Bedeckung bei Nadelhölzern, wie Kiefer, Fichte etc. nur etwa 5—10 Millimeter, bei Birke, Aspe, Weide nur ganz leichtes Vermengen mit der Bodenkrume oder Andrücken an den Boden. In bezug auf die zweckmäßigste Bedeckungshöhe sind mehrfach exakte Versuche angestellt worden, wie z. B. von einer Reihe forstlicher Versuchsanstalten (Württemberg, Schweiz etc.). Die Ergebnisse können nur einen allgemeinen Anhalt bei Bemessung der Bedeckungshöhe bieten, weil im einzelnen Falle eine ganze Reihe von Faktoren mitwirkt, wie Bodenart und Bodenzustand, Bedeckungsmaterial (Komposterde, Erde mit Sägespänen oder Torfmull gemischt, Rasenasche, gewöhnliche Erde) und vor allem die Witterung. Auf einigermaßen bindigen Böden kann ein starker Regen ein Verschlämmen, eine Verkrustung der Oberfläche bewirken, derart, daß selbst eine ganz mäßige Bedeckung das Hervorbrechen der Keimlinge aus kleinen Samen hindert, während ohne solche Schädigung eine etwas stärkere Bedeckung weniger geschadet haben würde. Herbstsaaten pflegt man im allgemeinen etwas stärker zu decken als Frühjahrssaaten.
1. Vollsaat: Anwendung der Egge, event. auch Handarbeit (Rechen), Ueber-

1) Bando, „Saatflinte und Säehorn“ in Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen von Danckelmann 1869, S. 449.

2) Voigt, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1888. S. 703.

3) Bernhardt in Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1875, S. 285. — Roloff, „Allg. Forst- und Jagd-Zeitung“ 1876, S. 48. An letztgenannter Stelle wird berichtet, daß die Maschine auch auf geneigtem Terrain verwendbar ist. 2 Arbeiter ziehen, 1 Arbeiter führt dieselbe. Am besten auf mittelbindigem Boden, nicht gut auf festem oder ganz lockerem und nicht gut bei einem an die Werkzeuge sich festhängenden Boden. Abhängigkeit auch vom Wetter (Regen bei lockerem Sandboden oft günstig, nachteilig bei vielen Vertiefungen, wie Stocklöcher usw.). Ersparnis an Samen, nicht an Arbeit. Kosten der Aussaat (reiner Arbeitsaufwand) pro ha 2—3 Mark. Sorgfältige Bodenbearbeitung ist erforderlich.

4) cfr. Zitny, „Zentralblatt für das ges. Forstwesen“ von 1882, S. 61 ff.

erden, Auftrieb von Viehherden. — 2. Stellenweise Saat, und zwar bei Streifen: Pflug (Eichelsaat), ferner besondere Maschinenteile (Rechen) an den Säemaschinen, Handarbeit (Hacke, Rechen); bei Plätzesaat event. Anwendung des Kreisrechens.

F. Pflege der Saatkulturen: Es handelt sich um den Schutz der Samen und demnächst denjenigen der Keimpflanzen, sowie um die erforderlichen Nachbesserungen. I. Schutz der Samen ist vor allem zu gewähren gegen Tiere (siehe Forstschutz); gegen Hitze und Frost schützt das Bedecken. II. Die Keimpflanzen sind zu behüten vor Unkrautwuchs, Wild und Weidevieh, Hitze und Frost. 1. Gegen Unkraut: Vollsaaten werden unter Umständen durch Schafauftrieb gesichert, wobei davon ausgegangen wird, daß die Schafe die Holzpflanzen (bes. Fichte und Kiefer) verschonen. In Streifen- und Plätzesaaten wird zu starker Unkrautwuchs durch mechanische Eingriffe: Abschneiden, Umpflügen usw. unschädlich gemacht. Welche Werkzeuge dazu benützt werden, ist Sache der lokalen Gewohnheit; hin und wieder finden Jätepflüge (Roth-Gerhardsche Jätepflug, Allg. Forst- und J.-Ztg., 1911 S. 58) erfolgreich Verwendung. Unter Umständen genügt Niedertreten des Unkrautes [1]), auch wohl (in den ersten Jahren, bei langsam wachsenden Holzarten) vorsichtiges Abmähen über die Köpfe der Holzpflanzen hinweg. Eine Sicherung gegen das Unkraut kann auch dadurch gewonnen werden, daß man die zwischen den Saatstreifen und Saatplätzen liegenden Bodenteile künstlich mit einer unschädlichen oder gar nützlichen Pflanze bestockt, welche ihrerseits das schädliche Unkraut, zumal Gräser, zurückhält. Zu diesem Zwecke mag Lupinus perennis empfohlen sein, die durch die Jahr um Jahr wiederkommende Blattfülle in jenem Sinne günstig wirkt und überdies als Papilionacee eine Bereicherung des Bodens an Stickstoff herbeiführt [2]). Auch die Beisaat von Waldkorn (Johannis-Staudenkorn) hat sich auf unkrautwüchsigen Böden bewährt (Tharand. Jhrb. 1905, 201). Der dichte Blattfilz dieses Kornes läßt Unkraut nicht aufkommen, und auch nach Aberntung des Kornes hindern die stehengebliebenen Stoppeln den Wuchs des Unkrautes noch ganz erheblich. — 2. Wild und Weidevieh: Umfriedigung der Saatfläche (Drahtzäune neuestens vielfach üblich; ein Geflecht aus verhältnismäßig schwachem Draht, auf ein Stangengitter aufgespannt, gegen das Durchkriechen des Wildes, genügt; Kosten der Zäune — gegen Rot- und Rehwild — pro lauf. Meter ca. 1 Mark, inkl. Holzmaterial). — 3. Hitze und Frost: Fruchtbeisaat. Ansaat unter Schutzbeständen (Voranbau frost- und hitzebeständiger, raschwüchsiger, lichtkroniger Holzarten: Birke, Kiefer etc.), event. Zwischensaat oder -pflanzung einer Schutzholzart. Durch diese Maßregeln wird natürlich zugleich das Unkraut bekämpft. Die sehr beträchtlichen Kosten derartiger Maßnahmen weisen aber darauf hin, daß es viel richtiger ist, in Frost- und Dürrelagen von der Saat überhaupt, namentlich aber von der Saat empfindlicher Holzarten abzusehen und lieber zu pflanzen. Auch Bodenlockerung kann in manchen Fällen gegen Austrocknung in Frage kommen. — III. Verdünnungen und Verdichtungen (Nachbesserungen). Zu dicht aufgelaufene Saaten machen baldige Verdünnung notwendig, wenn sie, zumal auf ärmeren Böden, später nicht sitzen bleiben sollen. Die Verdünnung geschieht durch Ausheben von Büscheln, Ausrupfen oder Ausschneiden. Wenn möglich, sucht man das überschüssige Pflanzenmaterial weiter zu verwenden. Lückige Saaten und Fehlstellen bedürfen der

---

1) Brombeere schlägt nach dem Abschneiden sehr kräftig wieder aus. — Abschlagen von Farnkrautwedeln mit Stöcken.

2) Koch, Allg. Forst- und J.-Z. 1902., S. 11.

Verdichtung durch Nachbesserung. Nachsaat ist in solchen Fällen nur dann praktisch, wenn die ganze Fläche oder doch größere Teile mißlungen sind. Richtig ist Nachbesserung mittels Pflanzung. Sie hat nicht eher zu geschehen, als das Nachbesserungsbedürfnis klar vor Augen liegt, im allgemeinen nicht vor dem dritten Jahre. In Saaten sind Fehlstellen oft nicht gleich im ersten oder zweiten Jahre mit Sicherheit zu erkennen. Bezüglich der Nachbesserungen, sei es in Saat- oder Pflanzkulturen oder in natürlichen Verjüngungen, möge vor zu kleinlichem, ängstlichem Vorgehen gewarnt werden. Es ist eine unangebrachte Pedanterie, jede kleinste Lücke, die beim Heranwachsen des Bestandes von selbst bald verschwindet, nachzubessern. Andererseits ist es oft falsch, dem sog. „Zuziehen" der Fehlstellen zu viel Gewicht beizulegen. Namentlich erfordern Holzarten, die zu Sperrwüchsigkeit neigen, enge Erziehung in der Jugend, also Nachbesserung im Interesse der Formausbildung. — Ueber Düngung zurückbleibender Saaten s. unter Pflanzung. V. § 67.

Dritter Teil.

Pflanzung.

I. Allgemeines.

§ 58. A. Arten der Pflanzung. Unterschieden werden: 1. Pflanzung mit bewurzelten und mit unbewurzelten Pflänzlingen, erstere entweder natürlich bewurzelt (Kernpflanzen aus Samen oder Wurzelloden) oder künstlich bewurzelt (Ableger), letztere Steckreiser oder Setzstangen. — Ballenpflanzen (die Wurzeln sind von einem Erdballen umgeben) und ballenlose Pflanzen. — Stummelpflanzen (der Schaft wird über dem Wurzelknoten abgeworfen) und ungestummelte Pflanzen. Schlagpflanzen = Wildlinge (Pflanzen aus Saaten oder natürlichen Verjüngungen), Kamppflanzen, entweder Saat- oder Schulpflanzen (aus Saat- bezw. Schulbeeten der Pflanzenerziehungsstätten). — 2. Einzelpflanzung oder Büschelpflanzung, je nachdem ein oder mehrere Pflänzlinge in das Pflanzloch kommen. — 3. Ungeregelte oder geregelte Pflanzung. Bei letzterer werden die Pflanzen in bestimmter gleichförmiger Weise räumlich verteilt. Diese räumliche Ordnung nennt man „Verband". Als solche geregelte Verbände unterscheidet man: Quadrat-, Rechtecks- oder Reihen-, Fünf- und Drei- oder Dreiecks-Verband. Beim Quadratverband stehen die Pflanzen in den Ecken eines Quadrates, beim Rechtecks- oder Reihenverband in den Ecken eines Rechteckes, dessen längere Seite den Reihen-, dessen kürzere Seite den Pflanzenabstand innerhalb der Reihe angibt. Der Fünfverband ist ein Quadratverband mit Auspflanzung des Diagonalenschnittpunktes, der Drei- oder Dreiecksverband ein Verband, bei dem die Eckpunkte gleichseitiger Dreiecke bepflanzt werden.

B. Wirtschaftliche Bedeutung. 1. Pflanzung mit bewurzelten Pflänzlingen bildet die Regel (Setzreiser oder Setzstangen nur bei Pappel und Weide). Künstlich bewurzelte Pflanzen (Absenker, Ableger) finden ebenfalls nur ausnahmsweise Verwendung. — Ballenpflanzung: beste Pflanzmethode, weil bei ihr die Wurzeln nicht entblößt werden. Sie ist jedoch teuer bei älteren Pflanzen mit großen Ballen, deren Aushebung entsprechend umständlich und zeitraubend ist. Bedingung ist ein den Ballen haltender (nicht lockerer) Boden. Für kleine Pflanzen ist dieser Bedingung viel leichter genügt, als für große, so daß die Anwendung der Ballenpflanzung sich schon aus diesem Grunde in ziemlich engen Grenzen bewegt. — Stummelpflanzen sind nur bei ausschlagsfähigen Holzarten (Laubhölzern), zunächst bei Eiche, Erle, Birke, Robinie, Kastanie, Esche, Ahorn möglich und finden besonders bei der Ergänzung von Nieder- und Mittelwaldungen Verwendung. Der

Schaft wird mehr oder weniger knapp über den Wurzeln schräg und glatt abgeschnitten; es wird also nur die Wurzel verpflanzt. Am Schaftstummel entstehen Ausschläge, die bis auf einen (den besten und kräftigsten) entfernt werden. Stummeln empfiehlt sich beim Auspflanzen von Laubhölzern, die an den Wurzeln stark beschädigt sind, z. B. beim Bezug der Pflanzen von auswärts, wenn durch Fehler in der Verpackung, beim Transport usw. ein Teil der feineren Wurzeln vertrocknet ist. Die Ausschläge der Stummel sind nach Erfahrungen der Praxis meist aber kräftiger, wenn die Pflanzen erst nach dem Anwachsen, nicht vor dem Einsetzen gestummelt werden. Dann aber kann man naturgemäß nicht mehr von Stummelpflanzen sprechen. — Im großen und ganzen findet Pflanzung mit bewurzelten, ballenlosen, in ihrem oberirdischen Teile unverkürzten Pflänzlingen Anwendung. — 2. Büschelpflanzung ist, besser war bei einzelnen Holzarten (Fichte) in manchen Gegenden (Harz) verbreitet. Als Vorzüge werden angegeben besseres Gelingen der Kultur, rascher Bestandesschluß, Sicherheit gegen Gefahren (Wildverbiß, Schutz vor Schälschaden, geringerer Schneeschaden usw.). Die Büschelpflanzung ist im allgemeinen zu verwerfen. Sie führt zu Verwachsungen, macht zeitige Reinigungsmaßregeln notwendig, wenn die Pflanzen im Büschel sich nicht drängen und in der Entwicklung hindern sollen, zieht wohl auch Rotfäule für die bleibende Pflanze nach sich und zeitigt — das ist die Hauptsache — wenn sie nicht rechtzeitig durchschnitten wird, geringere Wuchsleistungen als die Einzelpflanzung. Die behauptete größere Widerstandsfähigkeit gegen Schneeschaden trifft nur in jüngeren Kulturen in schneereichen Gegenden, nicht aber für die späteren Altersstufen zu. In jüngeren Kulturen schützt das Büschel die inneren Pflanzen gegen Auswuchten der Seitenäste durch den Schnee. Die Büschelpflanzung findet noch in Dänemark bei der Auspflanzung lückiger Buchenverjüngungen, bei Unterbau mit Buche als sog. Blockpflanzung, d. i. Pflanzung größerer Erdballen, die aus dichten Buchenverjüngungen oder aus Buchensaatbeeten ausgehoben worden sind, Anwendung. Sonst ist man allgemein und mit Recht zur Einzelpflanzung übergegangen. — 3. Annähernd gleichmäßige Verteilung der Pflanzen ist in den weitaus meisten Fällen anzustreben. Sie läßt sich (durch geübte Arbeiter) oft auch ohne genau abgesteckten Verband in genügender Weise erreichen. Ausnahmsweise, wie z. B. unter Umständen beim Unterbau, wird mehr gruppenweise Anordnung der Pflanzen bevorzugt. — Geregelte Verbände, bei welcher jeder Pflanze ihre bestimmte Stelle angewiesen ist, erfordern die besondere Arbeit des Aussteckens der Pflanzplätze, fördern aber die Ausführung der Pflanzung, sichern der einzelnen Pflanze den gleichen Wachsraum, gestatten genaue Berechnung der Pflanzenzahl, leichte Nachbesserung (sofortiges Auffinden der Fehlstellen), Grasnutzung zwischen den Pflanzreihen, Herstellung regelmäßiger Mischungen [1]) und gewähren Erleichterung beim Holzausbringen, bei manchen Maßregeln des Forstschutzes usw. — Terrainunebenheiten, Steine, Stöcke, Vorwüchse etc. sind oft Hindernisse ihrer Durchführung.

II. Das Pflanzmaterial [2]).

§ 59. A. Erforderliche Eigenschaften: Normale Entwickelung des Pflänzlings, insbes. gute Wurzelausbildung, stufiger, kräftiger Schaft, genügende

1) Geeignete Bestandesmischungen sind übrigens oft viel mehr von der speziellen Bodenbeschaffenheit an der einzelnen Stelle, als von der Regelmäßigkeit des Verbandes abhängig.

2) Vergl. u. a. Fürst, „Die Pflanzenzucht im Walde" 4. Aufl. 1907, woselbst alle Einzelheiten der Pflanzenerziehung in erschöpfender Weise abgehandelt sind. Zahlreiche Literaturnachweise und Erfahrungszahlen etc. daselbst.

Blatt- bezw. Nadelmenge (nicht zu geil oder in gedrängtem Stande spindelig erwachsen!). — Die für eine Kultur zu wählende Stärke bezw. Höhe [1]) und damit im Zusammenhang das Alter der Pflänzlinge sind abhängig von dem speziellen Zweck der Kultur, von den Verhältnissen, in welche die Pflanzen dabei gebracht werden und dem dadurch bedingten Pflanzverfahren. Im allgemeinen verdient, wo immer angängig, die Verwendung junger, d. h. kleiner Pflänzlinge (gutes Anwachsen, Billigkeit des Verfahrens in Absicht auf Pflanzenbeschaffung, Ausheben, Transport, Einsetzen) den Vorzug. 2—4jährige Pflanzen, von der diesem Alter unter mittleren Verhältnissen entsprechenden Höhe werden am häufigsten benutzt. In besonderen Fällen kommen auch 1jährige (Kiefer), sowie andererseits ältere resp. stärkere und höhere Pflänzlinge (Loden, Halbheister, Heister) in Anwendung: z. B. Tanne (langsame Jugendentwickelung) überhaupt meist 5—6jährig. Stärkere Pflanzen aller Holzarten werden im allgemeinen bei Nachbesserungen, Randpflanzungen, Kultur von Viehweiden, bei bedeutendem Unkrautwuchs, in Frost- und Hochlagen usw. verwendet.

§ 60. B. Arten der Pflanzenbeschaffung. Es kommen in Betracht: Kauf, Entnahme aus Schlägen, besondere Anzucht und zwar entweder in Freilagen, unter Schutzbeständen oder in Forstgärten. 1. Kauf: nur ausnahmsweise zulässig; im allgemeinen sollte jedes Revier (mindestens jeder Forst) seinen Bedarf selbst decken. So lautete bis vor wenigen Jahren die allgemeine Regel, und an derselben sollte auch heute noch tunlichst festgehalten werden, schon des großen Interesses wegen, das jeder Forstwirt gerade an der Anzucht seines Pflanzenmaterials nehmen muß. Die hierbei gebotene Gelegenheit zu Beobachtungen und Versuchen aller Art sollte nicht fortfallen; unnützes, kleinliches Experimentieren hat natürlich zu unterbleiben. In neuerer Zeit haben es jedoch viele, insbesondere große Pflanzenzüchtereien (z. B. Heins-Halstenbek in Holstein) durch weitestgehende Vervollkommnung ihrer Einrichtungen dahin gebracht, daß sie tadellose Pflänzlinge in jeder beliebigen Menge zu Preisen anbieten können, welche hinter den Kosten, mit welchen die Pflanzen im Forstgarten des einzelnen Wirtschaftsganzen meist nur erzogen werden können, erheblich zurückbleiben. So ist es nicht zu verwundern, daß von der so gegebenen Möglichkeit der Bedarfsbefriedigung durch Ankauf mehr und mehr Gebrauch gemacht wird. Immerhin sollte das finanzielle Moment nicht allzusehr betont werden. Auch für das Schutzpersonal bietet die Pflanzenzucht erweislich sehr oft besonderen Reiz und nicht zu unterschätzende Anregung. Gegen den Kauf der Pflanzen in den großen Pflanzenzuchtbetrieben spricht auch der Umstand, daß die Pflanzen auf dem mehr oder weniger langen Transportwege jedenfalls nicht besser werden, in vielen Fällen aber leiden, und daß sie ferner vielfach in Lagen erzogen werden, die den klimatischen Verhältnissen des späteren Standortes gar nicht entsprechen. Der wünschenswerten Erfüllung der oben (S. 102) erwähnten Provenienzforderungen wird durch Ankauf der Pflanzen aus einer weit entfernten Pflanzenzuchtanstalt fernerhin auch nicht Vorschub geleistet. Außerdem begibt sich der Waldbesitzer, der den Kauf der Pflanzen der Selbstzucht vorzieht, in ein gewisses Abhängigkeitsverhältnis zu der pflanzenliefernden Stelle, das unter Umständen, bei Elementarschäden, Pilzepidemien usw., die den Pflanzenzuchtbetrieb treffen, recht

---

1) Mit Recht wird mehrfach (z. B. Flury, Mttlgn. d. Schw. Zentralanstalt IV, S. 189) betont, daß die Höhe der Pflanzen in erster Linie anzugeben sei, nicht deren Alter, weil die nämliche Höhe auch bei der gleichen Holzart unter verschiedenen Entwicklungsbedingungen bei verschiedenem Alter erreicht werde, und doch eine bestimmte Höhe des Gipfels über dem Boden in vielen Fällen der entscheidende Faktor sei, wie z. B. beim Kampf mit Unkraut, in Frostlagen, gegen Wildverbiß usw.

störend werden kann [1]). — 2. Entnahme aus Schlägen, natürlichen Verjüngungen und Saaten, teils zum Zweck unmittelbarer Verwendung für die Kultur, teils zu vorgängiger Verschulung in Pflanzbeete. Gewinnung eines billigen, oft (auf geeignetem Boden, bei nicht zu dichtem Stand) trefflichen Materials (mit oder ohne Ballen, je nach Umständen). Sorgfältiges Ausheben (nicht Ausreißen und Abbrechen der Wurzelenden) ist Bedingung. — 3. Besondere Anzucht: a) in Freilagen, durch Saat, namentlich ab und zu behufs Anzucht von Ballenpflanzen, auf mäßig bindigem Boden mit leichter Grasnarbe. Mit Vorteil werden auch die wieder eingeebneten Stocklöcher starker Stämme zur Pflanzenzucht mit benutzt; infolge der gründlichen Bodenlockerung sind die Ergebnisse hier oft besonders gute. — b) unter lichtschirmigen Schutzbeständen, z. B. Buche (für Zwecke des Unterbaues, Main-Rheinebene) durch Saat in Kiefernbeständen, am besten in stark durchforsteten Stangenorten oder angehenden Baumhölzern, nach oberflächlicher Zubereitung des Keimbeetes (Entfernung des Moospolsters, leichtes Durchhacken des Bodens, event. Umgatterung gegen Wild). Das Verfahren liefert oft massenhaftes Material ohne große Kosten, eignet sich aber nur für Erziehung von Schattenhölzern. — Hier und da Anzucht von Pflänzlingen auf Waldfeldern unter dem Schutz von Getreide (z. B. Haferschutz-Saaten zum Ausheben der Pflänzlinge im 3. Jahre). — c) in Forstgärten oder Kämpen für Pflänzlinge, welche besonderer Sorgfalt bedürfen, insbesondere, wenn Verschulen nötig ist. Wo die Gelegenheiten des Pflanzenbezugs ad 1, 2, 3 fehlen oder nicht benutzt werden sollen, ergibt sich die Anzucht im Forstgarten von selbst. Sie ist tauglich für alle Holzarten, aber meist relativ teuer. Für viele Arten der Pflanzkultur ist sie unentbehrlich, im ganzen aber doch auf das notwendige Maß zu beschränken.

C. Forstgartenbetrieb insbesondere [2]).

§ 61. 1. Arten. Die Forstgärten sind entweder nur Saatschulen (Saatkämpe) zur Erziehung von Pflanzen, welche unmittelbar von der Stelle, wo sie gekeimt sind, zur Kultur verwendet werden, oder Pflanzschulen (Pflanzkämpe), in welchen die Keimpflanzen erst noch versetzt (verschult, verstopft, umgelegt) werden, bevor sie auf die Kulturfläche kommen. Meist sind Saat- und Pflanzbeete in einem Forstgarten vereinigt, doch kommen auch größere Kampanlagen vor, in welchen sich nur Verschulpflanzen finden (z. B. Tannensämlinge aus Bestandessaaten, Buchen aus natürlichen Verjüngungen). — Man unterscheidet außerdem ständige und unständige (sog. Wander-)Forstgärten. Erstere werden durch längere Zeit andauernd benutzt, letztere nur kürzere Zeit, nur die Pflanzen für bestimmte Kulturen liefernd. Die unständigen Forstgärten werden natürlich möglichst unmittelbar bei oder auf der Kulturfläche angelegt, deren Pflanzenbedarf sie demnächst decken sollen. Ist die betr. Kultur erledigt, so werden sie wieder aufgegeben, bezw. bilden dann mit einem Rest ihrer Pflanzen Teile der Kultur. Ständige Gärten sind teurer in der ersten Anlage (sorgfältigere Bearbeitung etc.), erfordern bei beginnender Erschöpfung künstliche Düngung und liegen oft weiter von der Kulturstelle entfernt, verursachen demzufolge oft größere Transportkosten. Gewöhnlich leiden sie auch durch Verunkrautung mehr als die unständigen Kämpe. Sie sparen dagegen auch wieder an erstmaligem Aufwand (Bodenvorbereitung, Umfriedigung etc.), insofern

---

1) Vergl. Schwarz, Der Waldpflanzenzuchtbetrieb in und um Halstenbeck. Forstw. Zbl. 1903, 472; — ders., In Sachen des Waldpflanzenzuchtbetriebes, das. 1904, 629; — Hörmann, Der Waldpflanzenzuchtbetrieb in und um Halstenbeck, das. 1904, 141.

2) Vergl. hierzu die umfassenden Angaben in Fürsts „Pflanzenzucht" (cfr. Anm. 2, S. 119), sowie zahlreiche Artikel der verschiedenen forstlichen Zeitschriften.

sich dieser auf eine längere Benutzungsperiode verteilt, sind leichter zu beaufsichtigen, gestatten wegen der großen Pflanzenmenge, die in ihnen im Laufe der Jahre erzogen werden soll, die ausgiebigere Beschaffung von Apparaten, Schutzvorrichtungen, unter Umständen die Anlage von Bewässerungsvorrichtungen usw., im ganzen also einen feineren, intensiveren Betrieb. Beide Arten sind, je nach Umständen, in Uebung. Das entscheidende Moment ist vielfach, zumal wenn Ballenpflanzen bei der Kultur in Anwendung kommen sollen, der Pflanzentransport. Bietet sich günstige Gelegenheit, nah bei einer demnächst zu kultivierenden Fläche Wandersaat- und -pflanzbeete anzulegen, so wird sie benutzt, im großen und ganzen jedoch sind wohl die ständigen Forstgärten mehr beliebt, obwohl finanzielle Erwägungen oft für Wanderkämpe sprechen. Für die Erziehung der einer sorgfältigeren Pflege bedürfenden und oft länger im Forstgarten stehenden Laubhölzer eignet sich der günstiger gelegene und dauernd überwachte ständige Forstgarten im allgemeinen mehr als der kleinere unständige Garten. Diesem kommt aber für die Erziehung der weniger Pflege bedürftigen, in großer Menge gebrauchten Nadelhölzer eine überlegene Bedeutung zu.

2. Wahl des Platzes. a) Lage: Außer möglichster Nähe bei den Kulturflächen sowie bequemer Erreichbarkeit und Beaufsichtigung kommt die Umgebung, Abdachung, Exposition in Betracht. Steilere Hänge sind im allgemeinen ausgeschlossen, etwas geneigte Lagen dann erwünscht, wenn ausnahmsweise die Wahl eines etwa zu feuchten oder eines zu trockenen Ortes nicht umgangen werden kann, und im ersteren Falle für Wasserabzug gesorgt werden muß, im letzteren die Möglichkeit einer Bewässerung ins Auge gefaßt wird. Süd- und Südwestseiten sind im Hügelland und Mittelgebirge wegen Hitze und Trockenheit ebenso zu vermeiden, wie ungeschützte Ostseiten (Frostgefahr). Für die Anzucht von Holzarten, die kühle Temperatur sowie größere Luftfeuchtigkeit und Bodenfrische lieben, eignen sich, von den höheren Gebirgslagen abgesehen, am besten sanft geneigte nördliche, nordwestliche und nordöstliche Abdachungen. In den höheren Lagen sind die Südhänge besser, die überall zu bevorzugen sind, wenn Wärme beanspruchende Holzarten erzogen werden sollen. Schutz durch umliegende Bestände kann sehr erwünscht sein; unter Umständen wirken solche aber auch nachteilig (event. Verdämmen durch dieselben, Reflex der Sonnenstrahlen am Trauf). Frostgefahr in tiefen Talsohlen. Nähe von Wasser erwünscht, soweit Wasserlieferung in trockenen Perioden in Frage kommt. Plätze im Inneren des Waldes verdienen den Vorzug vor solchen am Rande, weil letztere vom Felde her von den Mäusen schärfer bedroht werden, die sich im Herbst in den Wald ziehen. Schneebruch- und Windbruchlöcher nicht selten verwendbar, sofern sie noch nicht stark verunkrautet sind. Ueberhaupt ist der Kampf mit dem Unkraut sehr zu beachten; man legt deshalb Forstgärten nicht gern auf größere Kulturflächen. — b) Boden: Zu fordern ist genügende mineralische Kraft in Verbindung mit den nötigen physikalischen Eigenschaften. Insbesondere soll der Boden nicht zu zäh und fest (kalter Tonboden) sein. Böden mittlerer Beschaffenheit (sandiger Lehmboden) sind vorzuziehen [1]). Im Zweifelsfalle wähle man lieber einen etwas zu lockeren als einen zu festen Boden. Beachtung des Untergrunds, hauptsächlich in betreff des Wasserabzugs muß dringend empfohlen werden. Zu feuchter oder undurchlässiger Boden eignet sich der Gefahr des Auffrierens wegen nicht. — c) Größe: Da nur

1) Die Meinung, als ob Pflänzlinge für magere Kulturstellen auch in Forstgärten mit geringen Böden erzogen werden müßten, ist irrig. Eher schon sind Pflanzen für rauhe Lagen vor Verzärtelung im Forstgarten zu bewahren. Die Forderung, die Vegetation solle allgemein im Forstgarten sich nicht früher entwickeln, als auf den Kulturstellen, ist zu weitgehend, stimmt nicht fürs Hochgebirge. Für letzteres ist zu beachten, daß Südseiten, falls der Boden genügend frisch ist, um so mehr den Vorzug verdienen, je höher die Lage ist.

die Pflanzenzucht für den eigenen Bedarf hier in Betracht kommt, so ist die Flächengröße entsprechend der Zahl der jährlich erforderlichen Pflänzlinge, dem Alter und der Behandlung derselben (Dauer ihres Verbleibens in dem Forstgarten, verschult oder unverschult, Verschulungsverband usw.) zu bemessen [1]. Um in der Lage zu sein, nur tatsächlich gutes Pflanzenmaterial zum Auspflanzen zu bringen, empfiehlt es sich, mehr Pflanzen zu erziehen, als man braucht. Das zahlreiche minderwertige Material kann dann auf den Komposthaufen wandern. — d) Gestalt: Möglichst regelmäßig in Rücksicht auf Umfriedigung (Quadratform!) und Einteilung. Wo Seitenschutz von Wichtigkeit ist, kann ein langgestrecktes Rechteck den Vorzug verdienen; ebenso in geneigten Lagen (die größere Seite horizontal).

3. Bodenbearbeitung und Verbesserung. a) Nach gründlicher Rodung der Stöcke und Entfernung möglichst auch der schwächeren Wurzeln des Vorbestandes empfiehlt sich im allgemeinen voller Umbruch des Bodens mit Pflug, Spaten oder Hacke. Hand in Hand damit Entfernung von Steinen. Die verhältnismäßige Leichtigkeit der Bodenbearbeitung bei früherem Ackerland darf nicht für die Wahl des Platzes maßgebend sein. Ackerland kann wohl ausnahmsweise in Betracht kommen, ist jedoch meist ausgebaut und neigt zur Verunkrautung. Auch die mehrjährige Ueberlassung des ausgewählten Platzes an die Landwirtschaft zum Anbau von Hackfrüchten, wodurch allerdings gute Bodenbearbeitung gewährleistet wird, ist wegen des damit verbundenen Entzugs von Mineralstoffen nicht ratsam. Vornahme der ersten tiefen Bodenbearbeitung im Herbst empfiehlt sich, damit der Boden im Winter von Frost zermürbt wird. Ist der gewählte Ort stark verunkrautet, so bricht man ihn schon im Vorsommer um, damit das Unkraut verwest. Durchschnittliche Tiefe der Bodenbearbeitung 30—40 cm. Das Belassen einzelner Bäume in der Forstgartenfläche ist aus Gründen der Beschattung, Abhaltung von Niederschlägen und Wurzelkonkurrenz zu vermeiden. — b) Planierung, soweit nötig, insbes. Einebnen der Stocklöcher, wird mit dem Umbruch unmittelbar verbunden, event. Terassierung an Hängen, falls man zur Wahl eines stärker geneigten Platzes gezwungen ist: die einzelnen Beete sollen horizontal liegen. Unbearbeitete Streifen zwischen ihnen können die Beetpfade ersetzen, dienen als Lagerstellen für Steine, Unkraut usw. Die darauf abgelagerten Materialien können gegen Abflutung Sicherung bieten. — c) Besserung der physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften sollte von vornherein möglichst nicht erforderlich sein. In erster Linie sind Flächen bei der Wahl als Pflanzenerziehungsstätte unberücksichtigt zu lassen, die in physikalischer Hinsicht einer Melioration bedürfen. Mangelnder Nährkraft läßt sich viel leichter abhelfen. Im schlimmsten Falle, wenn sich im ganzen Revier kein geeigneter Platz finden läßt, muß auch auf Besserung mangelhafter physikalischer Bodeneigenschaften zugekommen werden. Entweder ist dann mangelnder Bodenmächtigkeit durch Rabattenbildung oder Zuführung guter Erde abzuhelfen, oder durch Entwässerung, event. Drainierung für Trockenlegung nasser Stellen zu sorgen, oder der Bindigkeitsgrad des Bodens bedarf einer Korrektur. Das letztere ist das häufigste. Zu bindige Böden sind dann durch wiederholte Lockerung und Beimengung von lockernden Substanzen (Sand, Sägespänen, Torf, Humus, Komposterde, Rasenasche, Gerberlohe, Mergel, Stalldünger, Gründüngung), zu lockere durch die gleichen Beimengungen in günstigeren Zustand überzuführen.

---

1) Etwa 4—5% der jährlichen Kulturfläche dürfte z. B. für den Fall einer Fichtenwirtschaft bei Verwendung durchweg 4jähriger Pflanzen nach 2jähriger Verschulung genügen. Bei Verwendung 2jähriger Saatpflanzen stellt sich in der Fichtenwirtschaft der Bedarf an Saatkampfläche auf 1—1,5% der Kulturfläche.

Mit der steigenden Bedeutung der Pflanzkultur und dem damit zusammenhängenden Streben nach größter Leistungsfähigkeit und Verbilligung der Pflanzenerziehung hat die Erhöhung ungenügender Nährkraft des Bodens durch Düngung mehr und mehr Anklang gefunden. Für Wanderkämpe, deren Benutzung nur durch wenige Jahre währen soll, ist, falls nicht besonders ungünstige Verhältnisse vorliegen, die Düngung entbehrlich. Sie findet aber auch hier schon vielfach Anwendung. Ständige Forstgärten können ohne Düngung nicht auskommen. Wenn sie auch nicht vom ersten Anfang ihrer Benutzung an die Düngung erforderlich machen, so bedingt doch die stärkere Inanspruchnahme des Nährstoffkapitales durch die Pflanzenerziehung bald genug kräftige Nachhilfe durch Düngerzufuhr und man tut gut, nicht erst dann zu beginnen, wenn schon eine merkliche Erschöpfung eingetreten ist.

Die wichtigsten Stoffe, welche dem Boden durch die Düngung wieder zugeführt werden müssen, sind Stickstoff, Phosphorsäure und Kali, event. auch Kalk, der, abgesehen von seiner direkt nährenden Wirkung, auch noch eine Reihe günstiger chemischer und physikalischer Wirkungen auf den Boden ausübt. Wo es sich lediglich um Erhöhung des Nährstoffkapitales des Bodens handelt, werden tierische, pflanzliche, Mineral- oder sog. Mengedünger zugeführt. Als tierische Dünger kommen in Anwendung: Stallmist (am besten Rindviehdünger, weniger gut, weil zu hitzig, Roß- oder Schafdünger), Poudrette, Jauche, Knochenmehl, Guano, künstlicher Guano (wie Fischmehl, Blutmehl etc.); als Pflanzendünger: Rasenasche, Holzasche, Torfasche, Humus (Dammerde), Gerberlohe, Gründüngung[1]); Mineraldünger (natürliche und künstliche) sind u. a.: Mergel, Aetzkalk, Gips, Staßfurter Abraumsalze, bes. Kainit, Chilisalpeter, Thomasmehl, Superphosphat, Doppelsuperphosphate, schwefelsaures Ammoniak; als Mengedünger kommt zunächst Kompost verschiedenster Art (unter Beigabe von Aetzkalk, Sägespänen, Torfmull, kräftiger Düngemittel, namentlich aus der Reihe der tierischen und mineralischen Stoffe) in Verwendung[2]). Tierische, pflanzliche und Mengedünger, event. nur aus tierischen und mineralischen Einzeldüngemitteln zusammengesetzt, empfehlen sich, da sie den Boden an allen für die Pflanze wichtigen Nährstoffen bereichern, namentlich dann am meisten und allgemein, wenn über die Art der Bodenerschöpfung Zweifel bestehen. Die pflanzlichen Dungstoffe, in erster Linie Humus und Gründüngung, verbessern außerdem den physikalischen Zustand des Bodens in vorteilhaftester Weise und unterstützen die Wirkung der konzentrierten Handelsdünger. Gründüngung erfolgt am zweckmäßigsten durch Anbau von Leguminosen auf der später zur Pflanzenzucht zu verwendenden Fläche oder auf brachliegenden Teilen von Forstgärten. Für kalkarme, sandige Böden eignet sich nach den Untersuchungen von Engler und Glutz (Mittlgn. d. schweiz. Zentralanst. f. d. forstl. Versuchw. VII Bd. S. 319) die gelbe Lupine, für Lehm- und Tonböden Futterwicke, für kalkreiche Böden Ackererbse und Saubohne. Einsaat im Mai und zwar entweder breitwürfig (pro Ar 2—3 kg Lupinensamen) oder in Reihen mit ungefähr 25 cm Reihenabstand (1,5—2 kg pro Ar). Während der Blüte (August, September) werden die Pflanzen angewalzt und grün untergehackt. Gegenüber der Gründüngung mit Gräsern und Unkräutern gewährt die Gründüngung mit Legumi-

---

1) Vergl. „Lupinenbau in Forsten" in „Aus dem Walde" VIII, S. 160.

2) Liter. Angaben siehe in Fürst, Pflanzenzucht, 4. Aufl. S. 36 ff. Man vergl. außerdem: Grundner „Die Düngung im Forstbetriebe, insbes. in Forstgärten" (Harzer Forstverein 1897); Ramm „Rationelle Düngung der Forstgärten", im Bericht über die 17. Vers. des württ. Forstvereins zu Calw, 1900; ferner Matthes „Ueber künstliche Düngung im forstl. Betriebe" (Vers. Thüringer Forstwirte zu Eisenach, 1900). Zahlreiche Mitteilungen über Einzelversuche finden sich in den versch. forstl. Zeitschriften. — Helbig, Ueber Düngung im forstl. Betriebe. Neudamm 1906; — Vater, Düngungsversuche in Saatkämpen auf Sandsteinböden usw. Tharand. Jhrb. 1905, S. 116. —

nosen infolge der Fähigkeit dieser Pflanzen, den Stickstoff der Luft zu assimilieren, den wichtigen Vorteil der Stickstoffanreicherung im Boden, eine Wirkung, die namentlich dann in Erscheinung tritt, wenn vor der Einsaat der Leguminosen eine kräftige Mineraldüngung mit Phosphorsäure, Kali und Kalk stattfand [1]).

In neuerer Zeit finden im Forstgartenbetrieb die oben genannten künstlichen Mineraldünger (= konzentrierte, relative oder Hilfsdünger) mehr und mehr Verwendung, weil sich mit ihnen dem Boden die notwendigsten Pflanzennährstoffe in beliebiger Menge auf leichte Weise zuführen lassen.

Als Spezialdünger für Phosphorsäuredüngung verwendet man hauptsächlich Superphosphat, Doppelsuperphosphat und Thomasmehl. Letzteres empfiehlt sich für Sand- und saure Böden und wird, da es für rasche Düngungen ungeeignet ist, in der Regel im Herbst gegeben und untergearbeitet. Die schneller wirkenden Superphosphate kommen für schwere Böden in kalter Lage in Betracht und eignen sich mehr zur Obenaufdüngung im Frühjahr.

Hauptdüngemittel für Kalidüngung ist Kainit mit ungefähr 12,4% Kaligehalt. Da das in ihm enthaltene Chlor, frisch an die Pflanzenwurzeln gebracht, ätzend wirkt, wird Kainit entweder im Frühjahr mehrere Wochen vor Beginn der Vegetation oder besser noch schon im Herbst oder Winter in den Boden eingebracht. Seiner ätzenden Wirkung wegen ersetzt man den Kainit namentlich auf schweren Böden neuerdings mit Vorteil durch den natron- und chlorärmeren „40prozentigen Kalidünger".

Als Stickstoffdünger finden außer Guano und Knochenmehl hauptsächlich Chilisalpeter und schwefelsaures Ammoniak Verwendung. Bei Chilisalpeter tritt die Wirkung sofort ein, hält aber nicht lange an. Man benützt ihn deshalb zur Obenaufdüngung kurz vor oder während der Vegetation und gibt ihn nur in kleineren Mengen (auf 1 qm 20 Gr.). Schwefelsaures Ammoniak muß sich, um wirksam zu werden, im Boden zunächst in ein salpetersaures Salz umwandeln, fordert hierzu einen gewissen Kalkgehalt des Bodens und kann entsprechend seiner langsamen Löslichkeit im Herbst eingebracht werden.

Außer den genannten künstlichen Düngemitteln sind noch einige andere neuerdings in den Handel gebrachte konzentrierte Dünger, z. B. Kalisuperphosphat, Ammoniaksuperphosphat für Verwendung im Forstgartenbetriebe beachtenswert.

Besondere Bedeutung kommt ferner der Kalkdüngung zu und zwar weniger der Zuführung eines direkten Nährstoffes wegen, sondern namentlich deshalb, weil durch den Kalk der physikalische Zustand des Bodens gebessert, schwerer Boden z. B. gelockert und erwärmt wird, und weil außerdem die im Boden in einer für die Pflanzen nicht aufnehmbaren Form vorhandenen Nährstoffe in assimilierbare Verbindungen übergeführt werden. Die Zuführung von Kalk geschieht zumeist in Form von ungebranntem kohlensauren Kalk, gebranntem oder Aetzkalk, Gips oder Mergel. Außerdem ist Kalk ein Nebenbestandteil einzelner oben genannter Mineraldünger, z. B. des Superphosphates und des Thomasmehles. Für nasse, kalte und schwere Böden eignet sich unter den Kalkdüngern am besten der in physikalischer Hinsicht am energischsten wirkende Aetzkalk. Bei Zuführung von Aetzkalk ist gleichzeitige Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak zu vermeiden, da sich sonst freies, den Pflanzenwurzeln schädliches Ammoniak bildet. Aetzkalk wird pulverförmig ausgestreut und sofort untergehackt. Auf trockenen leichten Böden, wo es sich mehr um eine nachhaltige Düngung handelt, wird am besten zermahlener, ungebrannter kohlensaurer Kalk verwendet. Der langsam wirkende Mergel, ein Gemenge von kohlensaurem Kalk mit Ton oder Lehm und Sand, eignet sich der letzteren Bestandteile wegen besonders für sandige Böden, ist aber, um wirksam zu werden, in größeren Quantitäten zuzuführen und wird durch die Transportkosten leicht zu teuer. Gipsdüngung ist in physikalischer Hinsicht wenig wertvoll, verdient aber auf trägen, an sich nicht nährstoffarmen Böden als indirekte Düngung zur Aufschließung der Nährstoffe Beachtung.

Ausführung der Düngung. Von großem Einfluß auf den Erfolg der Düngung ist der Zeitpunkt der Ausführung. Man spricht von vorausgehender Düngung, wenn vor der Aussaat bezw. vor der Bepflanzung gedüngt wird, und bezeichnet die Zuführung von Düngung auf mit Pflanzen bestockte Beete als Zwischen- oder Kopfdüngung. Inwieweit die eine oder die andere Art zweckmäßig ist, darüber entscheiden Bodenuntersuchung und das im Aussehen und in der Entwickelung der

---

1) Vergl. hierzu: Koch, Düngung durch lebende Papilionaceen. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 1902, 11. — Hofmänner, Düngung der Pflanzgärten. D. prakt. Forstwirt f. d. Schweiz 1900, S. 6. — Gareis, Aus dem Pflanzgartenbetrieb im k. bayr. Forstamt Anzing. Forstw. Zbl. 1903, 233.

Pflanzen zum Ausdruck kommende Düngerbedürfnis. Jeder wiederholten Benutzung eines Saat- oder Pflanzenbeetes hat grundsätzlich eine Düngung voranzugehen. Die Düngungen erfolgen meist gelegentlich der zweiten Bodenbearbeitung im Frühjahr. Gründüngungen, überhaupt Tiefdüngungen, desgleichen Düngungen mit Kainit und Thomasmehl werden besser im Herbst vorgenommen. Holzart und Zuchtziel bestimmen die Tiefe der Düngung. Tiefwurzelnde Holzarten (Eiche, Kiefer) und Verschulungsbeete erfordern tieferes Einbringen des Düngers als Saatbeete und als Holzarten mit zunächst weniger tiefgehenden Wurzeln. Je tiefer aber die Düngung untergebracht wird, umsomehr wird die Pflanze zur Ausbildung eines ausgebreiteten, das Pflanzgeschäft erschwerenden Wurzelsystems angeregt. Es ist deshalb im allgemeinen zweckmäßiger, nur die oberen Bodenschichten durch Düngerzufuhr nährstoffreicher zu machen, um so die Bildung eines konzentrierteren Wurzelbaues zu veranlassen. — Ueber die Menge des bei der einmaligen Düngung zur Verwendung kommenden Düngers lassen sich nur ungefähre Anhaltszahlen geben. Infolge der großen Beweglichkeit und Veränderlichkeit des Düngerwertes im Boden sind schwächere, öfter wiederholte Düngungen vorteilhafter als einmalige stärkere sog. Vorratsdüngungen. Bei einzelnen Düngerarten, z. B. bei Chilisalpeter und Kainit wirken stärkere Düngungen sogar leicht direkt schädlich und sind schon aus diesem Grunde zu vermeiden. Zulässig und gebräuchlich sind Vorratsdüngungen nur bei Kalk und Thomasmehl. Je nach den Bodenverhältnissen werden bei der einzelnen Düngung auf 1 Ar verwendet: Chilisalpeter, schwefelsaures Ammoniak 2—4 kg, Ammoniak-Superphosphat 2—3 kg, Kainit 2—6 kg, Kalk 30—40 kg, Guano 6 kg, Stalldünger 2—4 Ztr., Kompost, Dammerde 3—4 cbm, Mergel 1,5 cbm.

d) Eine wiederholte Bodenbearbeitung mit Hacke und Rechen oder anderen Bodenbearbeitungswerkzeugen (Spitzenbergsche Kulturgeräte) findet in Verbindung mit der gartenmäßigen Zurichtung der Beete und dem Ausheben der Fußpfade im Frühjahr vor der Bestellung des Forstgartens statt. Auf sehr lockerem Boden ist der Herbstumbruch unter Umständen entbehrlich, zumeist aber auch hier rätlich. Wie schon vorstehend erwähnt, wird mit der Frühjahrsbearbeitung vielfach Düngung verbunden. Die Bearbeitung geschieht zweckmäßigerweise einige Zeit vor der Ansaat der Beete, damit sich der gelockerte Boden wieder setzt.

4. Einteilung, innere Einrichtung: Beete von angemessener Breite (bis zur Mitte bei den Arbeiten leicht zu erreichen) und Beetpfade wechseln miteinander ab. Dazu kommen einzelne breitere Wege für Karren etc. Durchschnittliche Beetbreite 1—1,2 Meter, Pfadbreite 0,3 Meter. Da durch die Beetpfade der eigentlichen Pflanzenzucht immerhin viel Areal entzogen wird ($^1/_4$—$^1/_3$ der ganzen Fläche), so empfiehlt sich bei einheitlichem Betrieb, d. h. bei der Anzucht großer Mengen gleichartiger Pflänzlinge das Zusammenschließen von Beeten (ohne zwischenbelegene Pfade) zu größeren Quartieren, welche dann allerdings bei den jeweiligen Arbeiten (Verschulen, Jäten etc.) betreten werden müssen. Es ist deshalb zweckmäßig, sie nicht mit Saat-, sondern besser mit weiter von einander abstehenden Schulpflanzen zu bestellen.

5. Die Aussaat im Forstgarten. a) Arten der Aussaat: Vollsaat oder Rillensaat. Bei ersterer erhält man mehr Pflanzen als bei der Rillensaat; auch steht den Pflanzen ein gleichmäßigerer Entwicklungsraum für Wurzel und Krone zur Verfügung, ein Vorzug, der namentlich dann zum Ausdruck kommt, wenn nicht verschult werden soll. Dagegen sind die voll besäeten Beete mühsamer zu reinigen, das Ausfrieren ist bedenklicher, weil sich Deckmittel schlechter anwenden lassen als bei der Rillensaat, die einzeln keimenden Pflänzlinge (Nadelhölzer) drücken

durch eine etwas verkrustete Oberfläche schwerer durch. Rillensaat bildet die Regel. b) Samenmenge: Im allgemeinen gelten hier dieselben Erwägungen wie für die Dichte der Saat überhaupt. Nicht zu dicht säen! Weniger dicht, wenn gar nicht oder erst nach 2—3 Jahren verschult wird. Bedingend ist überdies die Entwickelung der einzelnen Holzart in der ersten Jugend. Anfangs langsamwüchsige Holzarten können dichter stehen oder länger im Saatbeet verbleiben (Gegensätze z.B. Tanne und Schwarzkiefer, Buche und Akazie). Kein großer Unterschied zwischen Voll- und Rillensaat bezüglich der Samenmenge (z. B. bei Kiefer pro 1 Ar 0,5—1,0 kg) [1]. — c) Zeit der Aussaat: Auch hier gelten die allgemeinen Bestimmungsgründe. Möglichkeit ins einzelne gehender Pflege im Forstgarten kann modifizierend wirken. Meist Frühjahrssaat. — d) Vollzug: Vollsaat stets aus der Hand, nach vorgängiger gehöriger Herrichtung der Beete. — Rillensaat: Richtung der Riefen bald quer über die Beete (bequemer für gleichmäßige Aussaat, Bedeckung, Reinigung), bald in deren Längsrichtung. Schmale Rillen (womöglich nur 1, höchstens 2 etwas voneinander entfernte Samenreihen — Doppelrillen). Entfernung derselben so gering, daß die Pflanzen zu seitlicher Entwickelung gerade genügend Raum haben. Herstellung entweder mit der Hacke oder einem Rillenzieher (Spitzenberg), oder mit Hilfe von Saatlatten, Saatbrettern, Walzen mit entsprechenden Erhöhungen, wie z. B. der regulierbaren Saatrillenwalze von Holl (Oe. Forstz. 1898, 123), der Saatrillenwalze von Zinger (Allg. Forst- u. J.-Z. 1890, 412) usw. Aussaat aus der Hand oder unter Benutzung von Apparaten, wie z. B. Säehorn, Saatrinne, Saatbrett etc. Als besonders brauchbar hat sich die Eßlingersche Säelatte mit zugehörigem Samenkasten (Forstw. Zentralbl. 1890, S. 535) bewährt; sie arbeitet rasch und gibt gleichmäßige Verteilung des Samens. Empfohlen wird auch die Rillensäemaschine von Fekate (Oesterr. Forstzeitung), ferner Hackers Gartensaatmaschine (Oesterr. Forst- u. J.-Z. 1890, S. 299, Forstw. Zentralbl. 1902, 327), Hörmanns Säeapparat (Forstw. Zbl. 1903, 622; 1904, 122, 452, 639), Schneiders, Spitzenbergs Säemaschine u. a. Bedeckung des Samens in erforderlicher Höhe mittels Rechens, Ueberwerfens oder Uebersiebens mit feiner Erde, Rasenasche etc. Die Höhe der Bedeckung ist je nach der Art des Samens und des Deckmaterials verschieden. Je lockerer das letztere ist, um so stärker kann im allgemeinen der Samen eingedeckt sein. Maßgebend im einzelnen sind die Bemerkungen zu § 57, E. S. 116.

6. Pflanzbeete im Forstgarten. Verschulen. Das Verschulen hat den Zweck, den jungen Pflänzlingen vor der Benutzung zur Kultur durch Gewährung freieren Standraumes im gut hergerichteten Pflanzbeete zu kräftiger Entwickelung zu verhelfen. Man will dadurch kräftige, gut bewurzelte, stufig und gleichmäßig beastete Pflanzen erziehen, die sich auf allen, irgend einer Gefahr ausgesetzten Standorten besser bewähren als Saatpflanzen. Im einzelnen Falle dient die Verschulung der Erziehung von Ballenpflanzen. Die mit dem Verschulen verbundenen höheren Kosten lassen eine Beschränkung in der Verwendung verschulter Pflanzen auf solche Standorte erwünscht erscheinen, wo die Saatpflanze in ihren Leistungen zurücksteht. Man hat stellenweise fast vergessen, daß sich durch dünne Saaten Pflanzen erziehen lassen, die den verschulten Pflanzen qualitativ kaum nachstehen und für viele Verhältnisse vollauf genügen, wo man ohne verschulte Pflanzen nicht auszukommen glaubt. a) Alter der Pflänzlinge: bei möglichst frühem Verschulen (1—2-jährige Pflanzen) hat man leichtere (billigere) Arbeit und größeren Erfolg, sofern die

---

1) Die schweiz. Versuchsanstalt hat bei Fichte und Kiefer von 10 gr Samen pro laufenden Meter das Maximum an brauchbaren Pflanzen erhalten. cfr. Mitteilungen der schweiz. Zentralanstalt für d. forstl. Versuchsw. I, 1.

Pflanzen besser anwachsen und länger im Verschulbeete bleiben können. Sogar ganz junge Keimlinge (aus natürlichem Anflug) werden unter Umständen verschult. Werden sie einem etwas bindigen Boden entnommen, so kann der kleinste Heyersche Hohlbohrer mit Vorteil verwendet werden. — b) Zeit der Vornahme: Herbst und Frühjahr. Die Erfahrungen im Tübinger Versuchsgarten lassen die Herbst- und die Frühjahrsverschulung als ziemlich gleichwertig erscheinen. Natürlich ist eine Herbstpflanzung mit der Pflanzung im nachfolgenden (nicht im voraufgegangenen) Frühjahr zu vergleichen. Dr. Cieslar [1]) hat sich gegen die Herbstpflanzung ausgesprochen, und Bühler (1895) hält nach seinen Versuchen das Wachstum nach Herbstpflanzung bei allen Holzarten für geringer als dasjenige nach Frühjahrspflanzung. Geeignete Arbeitsverteilung spricht wesentlich bei der Wahl der Pflanzzeit mit. Wenn bei einer Herbstverschulung kleine Sämlinge verwendet würden, ist die Gefahr des Ausfrierens besonders zu beachten. Durch Ueberschirmen, Bodenbedeckung usw. wird ihr vorgebeugt; durch Frost gehobene Pflanzen sind rechtzeitig wieder anzudrücken. — c) Dauer des Verbleibs im Pflanzbeet: meist 2—3 Jahre (1 Jahr ist zu wenig, der Vorteil bei so kurzer Zeit zu gering). — d) Sorgfältige Bodenzurichtung geht voraus. — e) Ausheben, Beschneiden, Anschlämmen der Pflänzlinge: Da ein Transport zum Zweck des Verschulens sehr häufig nicht in Frage steht, so werden die Pflänzlinge am besten unmittelbar aus dem Saatbeet ins Pflanzbeet gebracht. Einstutzen von Schaft und Wurzel unterbleibt (abgesehen von zu langen Wurzeln und beschädigten Organen). Desgleichen das Anschlämmen. Erfordert die Platzfrage (Beeträumung etc.) früheres Ausheben, oder kommen Pflänzlinge von auswärts (z. B. Schlagpflanzen oder durch Ankauf erworbene Saatpflanzen), so ist sorgfältiges Einschlagen an feuchtem, schattigem Ort nötig. Sortieren der schwachen von den stärkeren Pflänzlingen je für besondere Beete ist zur Erzielung der Gleichmäßigkeit wünschenswert; andernfalls werden (zumal bei Laubhölzern wie Ahorn und Esche) die schwächeren Pflanzen von den vorauseilenden stärkeren in ihrer Entwickelung beeinträchtigt. Wenn möglich sind nur gesunde, kräftige Pflanzen zu verschulen; alle Schwächlinge sind vorher auszumustern. Minderwertige Saatpflanzen auf besonderen Pflanzbeeten zu verschulen, um aus ihnen noch brauchbares Material zu erziehen, ist nicht ratsam. Sie haben meist nicht nur stärkeren Abgang, sondern verlangen auch eine sorgfältige, um Jahre verlängerte Pflege im Schulbeet, ohne dadurch zu besonders kräftigen Pflanzen zu werden. — f) Pflanzenentfernung, Verband: Allseits genügender Raum für die Zeit, welche die Pflanze im Verschulbeet verbringen soll, ist Bedingung. Da diese Zeit nach Entwickelung der einzelnen Holzarten verschieden ist, so kann kein einheitliches Maß angegeben werden. Um auf gegebener Fläche eine möglichst große Pflanzenzahl zu erzielen, wird man immerhin nicht weitständiger verschulen, als notwendig ist; in keinem Falle sollten sich die verschulten Pflanzen bald wieder gegenseitig bedrängen. Meist Reihenverband (z. B. für 1jährige Fichten 10: 5—7 cm, 2 Jahre im Pflanzbeet) im Interesse der Beetpflege. Sonst ist Quadratverband, wegen der gleichmäßigen Verbreiterung nach allen Seiten hin, besser. — g) Ausführung, Hilfsmittel: Pflanzung im Taglohn oder Akkord. Dabei ist scharfe Kontrolle sehr angezeigt, damit nur tadelloses Material verwendet wird. Zu beachten ist ferner insbesondere, daß die Pflanzen nicht tiefer eingesetzt werden, als sie im Saatbeet gestanden haben, und daß Verkrümmungen und Umstülpungen der Wurzelenden vermieden werden. Die Verschulung kleinerer Saatpflanzen erfolgt gewöhnlich unter Zuhilfenahme einfacher

---

1) Mitteilungen aus dem forstl. Versuchswesen Oesterreichs, Heft XIV, 1892: „Die Pflanzzeit in ihrem Einfluß auf die Entwicklung der Fichte und Kiefer“.

oder komplizierterer Verschulungsapparate (Setzholz, Zapferbretter, Verschulungsgestell von Eck [1]), Verschulungslatten [2]), Rillenpflug [3]), Verschulungsapparat bezw. -maschine von Hacker [4]), Thygesonsche Pflanzharke [5]) u. a.) teils in Löcher, teils in Gräben. Der Gefahr von Wurzelverkrümmungen wegen sind im allgemeinen alle Verschulungsmethoden zu verwerfen, die, wie die Handverschulung mit dem Setzholz oder dem Zapfenbrette, auf Einsetzen der Pflänzchen in kegelförmig in den Boden eingedrückte Löcher hinauslaufen. Einwandfrei erscheint in dieser Beziehung nur die Verschulung in genügend tief hergestellte Gräben, an deren eine senkrecht abgestochene Wand die Pflänzchen mittels Einhängelatten usw. derart in bestimmten Abständen verteilt werden, daß ihr fächerförmig ausgebreitetes Wurzelsystem auf der Grabensohle nicht oder eben nur aufstößt. Durch Wiedereinfüllen und Andrücken des Grabenaushubes werden die Wurzeln der verschulten Pflanzen eingebettet. — Die durch die Verschulung angestrebte Verdichtung des Wurzelsystems sucht man nicht ohne Erfolg auch dadurch zu erreichen, daß man die seitlich ausstreichenden Wurzeln der in der Saatrille stehenden Pflanzen mit einem schneidenden Instrument (Hirschfänger, Säbel, Muthsche Wurzelschnittmaschine [6]), Kaisersches Wurzelschneidemesser [7]) durchschneidet. Im Verschulungsbeet angewendet, unterstützt dieses Verfahren die Bildung von Ballen durch Wurzelverfilzung. — h) Wiederholung: Zur Erziehung besonders starker Pflanzen (Tannen für Kahlschläge, Laubholzheister etc.) manchmal zweimaliges Verschulen (meist nach 2—3 Jahren wiederholt).

7. Schutz und Pflege der Saat- und Pflanzbeete. In Revieren mit Wildstand, auch gegen Weidetiere, müssen die Pflanzenerziehungsstätten durch Einfriedigungen geschützt werden. Die Art der Umfriedigung ist insbes. durch die abzuhaltenden Tiergattungen bedingt (feste Zäune gegen Sauen, entsprechende Höhe gegen Ueberfallen von Rotwild, dicht am Boden gegen Hasen und Kaninchen usw.). Unter Umständen transportable Hürden. a) Tote Umzäunungen: Rollsteine (gegen Weidvieh), Mauern (zu teuer); Planken-, Pfosten-, Latten-, Stangen-, Spriegelzäune (in verschiedenster Modifikation); Drahtzäune (starke Horizontaldrähte, event. an stehende Bäume befestigt; zwischengeflochtene dünne Vertikaldrähte). Gilt es, Sauen abzuhalten, so leisten Spriegelzäune (Querstangen mit zwischengeflochtenem starkem Reisig) wegen ihrer Elastizität gute Dienste; sie sind, zumal wenn erste Durchreiserungen oder Durchforstungen in der Nähe das Material ergeben, auch nicht kostspielig. Im übrigen dürften sich transportable, etwa 3—4 Meter lange, 1 1/2 Meter hohe Gatter aus Fichtengestänge mit aufgespanntem Geflecht aus verzinktem Draht besonders empfehlen. Der Draht kann, da das entsprechend hergestellte Stangengatter den erforderlichen Halt verleiht, dünn sein. Das Geflecht braucht, wenn im Winter hohe Schneelagen fehlen, vom Boden an nicht über 1 m hoch zu sein, um gegen Hasen und Rehe zu schützen. Solches Drahtgeflecht wird

1) Allg. F.- u. J.-Z. 1885, S. 197.

2) Das. 1884, S. 7.

3) z. B. Schmitt, „Anlage und Pflege der Fichtenpflanzschulen" 1875, sowie Fischbach in Allg. F.- u. J.-Z. 1867, S. 85.

4) Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 1886, S. 230; 1891, S. 373. Der Hackersche Verschulungsapparat (cfr. Oester. F.-Z. 1891, S. 207) arbeitet gut und ist, teurere Maschinen ersetzend, besonders warm zu empfehlen, wenn große Pflanzenmengen zu bewältigen sind, vgl. Forstw. Zbl. 1903, 233; 1904, 463.

5) Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen von Danckelmann 1885, S. 25.

6) Bernstein, Das Muthsche Pflanzenzucht- und Kulturverfahren. Forstw. Zbl. 1906, 18; Fürst, Der Muthsche Wurzelverschnitt, ebend. 1899, 227. —

7) Sinz, das Kaisersche Wurzelschneidemesser. Allg. F-. u. J.-Z. 1906, 356.

zu 16—20 Pfg. pro laufd. Meter bezogen. Zur gleichzeitigen Sicherung gegen Kaninchen muß das Geflecht höher sein, da etwa 20 cm in den Boden eingelassen werden müssen. Sorgfältiges Aufstellen der Gatter auf den Boden und scharfes Aneinanderschließen ist Bedingung. — b) Lebende Hecken: Weißdorn, Fichte, Tanne, Eibe, Hornbaum. Da die Anlage und Unterhaltung (Beschneiden etc.) viel Mühe und Sorgfalt erfordert und ein hasendichter Abschluß des Gartens durch eine Hecke nicht erreicht wird, wendet man besser eine tote Umfriedigung an. — c) Gräben in Verbindung mit den Schutzmitteln unter a und b bewirken eine noch weitergehende Sicherung, bes. gegen das Ueberfallen von Wild. — d) Kosten nach Material, Arbeitsaufwand sehr verschieden in Hinsicht auf erste Anlage und Unterhaltung [1]. — Weitere Gefahren drohen Samen und Pflanzen durch Trocknis, Frost, Regengüsse, Unkrautwuchs, pflanzliche und tierische Parasiten, Mäuse und Vögel. Gegen Hitze und Frost sowohl als gegen Platzregen sichert Bedecken der Beete mit Laub, Moos, Sägemehl, Torfmull, Brettchen, gespaltenen Stangen, Stroh (rechtzeitige Entfernung der Bedeckung beim Keimen), Bestecken mit Zweigen (abfallende Nadeln manchmal störend), Ueberdecken mit Schattengittern verschiedener Art. Gegen Trockenheit, wenn nötig, Begießen (öftere Wiederholung). Auch oberflächliche Bodenlockerung ist ein Mittel gegen das Austrocknen, denn obwohl die schwache, dabei losgelöste Oberschichte stark trocken wird, schützt sie doch die unterliegende Bodenschicht, welche feucht bleibt. Uebrigens darf solches Behäckeln nur nach einem durchdringenden Regen geschehen. Anwendung von senkrecht stehenden Schutzschirmen gegen Wind und Sonne. Gegen Vögel dienen die Schutzgitter (zugleich Schattengitter), gegen Mäuse das Vergiften etc. Behandlung des Samens vor der Aussaat mit Bleimennige in der Art, daß der angefeuchtete Samen mit trockenem Mennigepulver überstreut und dadurch mit einer Mennigehülle umgeben wird, bietet weitgehende Sicherung gegen Vogel- und Mäusefraß. Häher, Tauben, Eichhörnchen sind abzuschießen. Aushängen von Nistkästen zugunsten insektenfressender Vögel. Fangen der Maulwurfsgrillen (cfr. hierüber Forstschutz, 2. Bd., VII. des Handbuchs). Ausjäten des Unkrautes, je nach Bedarf mehrmals jährlich. Pflege der Pflanzen durch Andrücken vom Frost gehobener Pflänzlinge, durch Bodenlockerung, Anhäufeln der Erde nach den Riefen zu. In ganz hervorragender Weise bewährt sich nach Cieslar (Zbl. f. d. ges. Forstw. 1893, 24) Moosdeckung. Sie erscheint als Universalmittel gegen Austrocknung, Unkrautwuchs, Bodenverdichtung und Auffrieren. Durchrupfen oder Durchschneiden zu dichter Saaten, Zwischendüngung. Pflege einzelner Pflanzen, namentlich bei der Laubholzerziehung durch Beschneiden (Entfernung von Doppelgipfeln, Zweigen, Ausbrechen von Knospen etc.).

8. Kosten [2]. Alle Forstgärten stellen durch Anlage und Unterhaltung eine mehr oder minder starke Belastung des Kulturfonds dar. Die Ausgaben sind auf das notwendige Maß zu beschränken, jede Spielerei ist zu vermeiden. Auf zweckmäßiges Ineinandergreifen der Einzelarbeiten ist namentlich Wert zu legen. Teuer ist insbes.

---

1) Drahtzäune, inkl. Pfostenmaterial etc., zum Schutz gegen Hasen und Rehwild kaum unter 0,80—1,00 Mk. pro lfd. Meter; bei Befestigung an lebende Bäume ca. 0,50 Mk. Verbindung der Pfosten oben und unten durch je eine Stange gibt ein besonders festes Gefüge beim Durchflechten dünner Vertikadrähte. — Bei Anwendung der oben erwähnten Stangengatter mit aufgespanntem Drahtgeflecht kommt es bezüglich der Kosten hauptsächlich darauf an, ob der Wald das Stangenmaterial (aus Fichtendurchforstungen) in genügender Menge und in der Nähe des Gartens liefert. cfr. Mitteilungen der Württ. Versuchsstation, Allg. F.- und J.-Z. 1897, S. 104; ferner: Dr. Grieb daselbst S. 74 (enth. Zusammenstellung der Kosten verschiedener Umfriedigungen). — Schuhmacher, Wildgatter 2. Aufl. 1898.

2) Vergl. Thar. Jhrb. 1893, 110. — Forstw. Zbl. 1894, 140. —

das Verschulen (Zeit- und Raumerfordernis!). Unter Umständen Verschulen von Schlagpflanzen auf kleinen Stellen in oder bei den Schlägen selbst. Allgemein gültige Kostensätze sind nicht zu gewinnen; Abhängigkeit derselben insbes. von den ortsüblichen Tagelöhnen. Angaben z. B. in Fürsts Pflanzenzucht, im Forst- und Jagdkalender usw.

In vorstehender Schilderung des Pflanzgartenbetriebs ist nur das Notwendigste enthalten und auch das großenteils nur in Andeutungen. Gerade auf dem Gebiete der Pflanzenzucht im Forstgarten hat sich eine große Vielgestaltigkeit entwickelt mit zahlreicher Modifikation der Durchführung aller einzelnen Arbeiten, je nach Oertlichkeit, Holzart, Umfang der Anlage usw. Eigene Erfahrung und Beobachtung, zumal der exakte vergleichende Versuch führt fortwährend zu größerer Sicherheit, zu Verbesserungen, Kostenersparnis, also allgemein zu gesteigertem Erfolg, namentlich auch im Punkte der Rentabilität. Dabei sollten aber die Erfahrungen, die anderwärts gemacht sind, sorgfältig beachtet und in ausgiebigster Weise benutzt werden, damit nicht Regeln, die sich unter bestimmten Verhältnissen bewährt haben, erst wieder von Neuem und vielleicht erst nach mancherlei Mißerfolgen gefunden werden müssen. Auf das mehrfach erwähnte Werk von Fürst (Die Pflanzenzucht im Walde) als auf einen guten Führer, dann auf die Resultate des Forstgartenbetriebs der schweizerischen Versuchsanstalt (Mitteilungen der schweiz. Zentralanstalt I, 1, 2, 3, sowie II, 1 u. 2), ferner auf die Mitteilungen Weises „Erfahrungen und Beobachtungen aus dem Forstgartenbetrieb" (zu Karlsruhe) in Mündener Forstliche Hefte II, S. 1, sowie auf die Mitteilungen der württembg. Versuchsstation (Allg. Forst- u. J.-Z. 1897, S. 104, woselbst auf die früheren Mitt. hingewiesen ist) sei u. a. nochmals besonders aufmerksam gemacht. Sehr wertvoll ist auch die Abhandlung von Gareis, Aus dem Pflanzgartenbetrieb im kgl. bayr. Forstamt Anzing. Forstw. Zbl. 1903, S. 233.

Auch soll an dieser Stelle der Spitzenbergschen Kulturgeräte gedacht werden, von welchen sich nicht wenige gerade beim Forstgartenbetrieb mit Vorteil verwenden lassen [1]). Sie dienen, wie z. B. der Wühlspaten und der Wühlrechen, zur Bodenlockerung, andere (Gitterwalze und Saatbedecker) in großer Zahl dem Saatgeschäft (zur Anfertigung aller Arten von Rillen, zum Decken des Samens usw.), wieder andere sind als Pflanz-Geräte konstruiert, wie z. B. die Pflanzspaltschneider, Pflanzholz mit und ohne Wühlspitze, Pflanzenlade.

D. Pflanzenbeschaffung bei den einzelnen Holzarten.

§ 62. Die bezüglich der Pflanzenbeschaffung hier folgenden Angaben deuten, ohne entfernt erschöpfend sein zu wollen, nur einige der Fälle an, welche in der Praxis häufig vorkommen. 1. Laubhölzer. a) Buche: Erziehung im Saatbeet selten, meist Verwendung von Schlagpflanzen aus natürlichen Verjüngungen. Empfehlenswert Ansaat unter Kiefernschutzbestand; 2—3jährig unverschult zur Kultur, bes. zum Unterbau. — b) Eiche: Aussaat im Saatkamp, 1—2jährig verschult, 3—4jährig zur Kultur. Zur Heistererziehung nochmals verschult und ca. 6jährig verwendet. — c) Edelkastanie, Juglans-Arten: Aussaat im Saatkamp, zur Kultur als 1—2jährige Loden. — d) Esche, Ahorn, Erle [2]): Aussaat im Saatkamp,

---

1) Spitzenberg, Die Spitzenbergschen Kulturgeräte, deren Wesen, Zweck u. wirtschaftliche Bedeutung usw. 2. Aufl. Berlin 1898. — Schwappach, Die Spitzenbergschen Kulturgeräte für den Forstgartenbetrieb. Ztschr. f. Forst- u. Jagdw. 1902, 176. Man vergl. auch „Aus dem Walde" 1897, S. 345, sowie Möller, Ztschr. f. Forst- u. Jagdw. 1900, S. 443.

2) Erlenaussaat noch im Herbst hat sich oft bewährt: Festschlagen des Bodens, frühzeitiges Bedecken mit Reisig im Frühjahr. Erlensaatbeete sind bei Frühjahrssaat feucht zu halten, z. B. durch Auflegen von Moos, Begießen usw. Der Erlensamen wird am besten breitwürfig ausgestreut, nur leicht mit Erde gemischt (nicht bedeckt). — Bei Esche und Ahorn ist wegen der

1—2jährig verschult, 3—4jährig zur Kultur (Erle, Ahorn event. als Stummelpflanzen). — Ulme: Dichte Saat im Sommer auf frischen, etwas angewalzten Beeten, schwache Erdbedeckung, dann nochmals etwas anwalzen; einmalige Verschulung im Frühjahr, Auspflanzen der 3jähr. Pflanzen. — e) Akazie: Aussaat im Saatbeet (weit säen), zur Kultur als 1- oder 2jährige Lode. — 2. Nadelhölzer: a) Tanne: Schlagpflanzen, neuerdings auch vielfach Ansaat im Saatbeet, in der Regel 2—3jährig verschult, 5jährig zur Kultur. — b) Fichte: Ansaat im Saatbeet, von hier 2—3jähr. ausgepflanzt oder 1—2jährig verschult, dann 3—4jährig, in den höheren Lagen auch 5—6jährig zur Kultur. Hin und wieder auch Material aus Saaten und natürlichen Verjüngungen, dann oft mit Ballen versetzt. — c) Kiefer: Aussaat im Saatbeet, 1-, 2-, 3jährig zur Kultur (im letzteren Falle nach vorheriger Verschulung). Schlagpflanzen nur ausnahmsweise. — d) Schwarzkiefer, Weymouthskiefer, Lärche: Aussaat im Saatbeet, 1—2jährig verschult, 3—4jährig zur Kultur. — e) Zirbelkiefer: Keimung in besonderen Kästen zum Schutz gegen Tierfraß, dann Verschulen (cfr. Förster: Zentralbl. f. d. gesamte Forstwesen 1888, 65).

E. Ausheben, Beschneiden, Transport, Aufbewahren der Pflanzen.

§ 63. Was im Forstgarten gilt, ist für den großen Kulturbetrieb zu beachten. 1. Ausheben: Die Wurzeln sollen so wenig wie möglich verletzt werden, deshalb Umstechen in derjenigen Entfernung vom Wurzelstock, welche der Entwickelung der Pflanze entspricht. a) Ballenpflanzen: Bewahrung des Ballens in gewünschter Form und Größe. Instrumente zum Ausheben von Ballenpflanzen sind außer dem gewöhnlichen Spaten verschiedene Hohlspaten, der Hohlbohrer von Karl Heyer [1]), Kegelbohrer von Eduard Heyer [2]), Scherenbohrer von Mühlmann, Barths Pflanzschnabel [3]), Jansas [4]) Patent-Hohlbohrer u. a. m. Bei zu steinigem oder zu lockerem Boden lassen sich haltbare Ballen nicht stechen. In solchem Falle können für besonders schwierige Kulturverhältnisse, für welche bestes Pflanzenmaterial erwünscht ist, durch Verschulen 1jähriger Saatpflanzen in Ton- oder (nach Forstmeister Reuter) asphaltierte Papiertöpfe künstliche Ballenpflanzen erzogen werden. — b) Ballenlose Pflanzen: Ausziehen (Ausrupfen) ist durchaus zu verwerfen, da selbst auf lockeren Böden Wurzelzerreißungen hierbei unvermeidlich sind. Das Ausheben hat mit der Hacke (auf steinigen Böden), am besten mit dem Spaten zu geschehen. Kleinere, im Saatbeet in Rillen stehende Pflanzen werden in der Weise ausgehoben, daß sie durch Einstechen des Spatens auf einer Seite der Rille in einen vorher auf der anderen Rillenseite gezogenen Graben umgelegt werden. Die an den Wurzeln anhaftende Erde ist vorsichtig durch Schütteln, behutsames Aufklopfen des Erdballens oder mit der Hand, eventuell auch durch Abspülen im Wasser zu entfernen. — 2. Beschneiden. a) des Wurzelteils: beschränkt sich auf glattes Wegnehmen (mit Messer, Schere, Beil) beschädigter Teile der Seitenwurzeln und Pfahlwurzel; letztere ist zwar oft (z. B. bei Juglans-Arten!) ein Hindernis für die Pflanzung, es ist aber fraglich, ob ihre Verkürzung in allen bezüglichen Fällen

gegenständigen Knospen darauf zu achten, daß bei der häufig vorkommenden Beschädigung der Mittelknospe od. des Gipfeltriebes durch Spätfrost od. andere Ursachen keine Doppelgipfel entstehen: event. rechtzeitiges Entfernen des schwächeren Triebes.

1) v. Wedekind, „Neue Jahrbücher der Forstkunde“, Heft 1.

2) Tharander Jahrbuch von 1873, 23. Bd., S. 61 ff. und Allg. F.- u. J.-Z. von 1878, S. 39, sowie Heß: A. F.- u. J.-Z. 1898, 179; Tiemann: A. F.- u. J.-Z. 1900, 144.

3) Vergl. Cieslar: Zeitschr. f. d. ges. Forstw. 1891, 48.

4) Prakt. Neuheiten f. d. forstl. Kulturbetrieb. Verhdlgn. d. Forstw. von Mähren u. Schlesien 1908. S. 43.

angeraten werden darf [1]). — b) des Kronenteils: Bei stärkerem Wurzelverlust ist (nur bei Laubhölzern und Lärche) entsprechendes Einstutzen der Krone zweckmäßig; letzteres auch zur Erzielung guter Kronenform [2]) (Hochstämme). Abwerfen des ganzen Schaftes, Stummelpflanzen, z. B. bei der Eiche, Erle usw. (meist am besten hart über dem Wurzelknoten). Vgl. das oben S. 119 hierüber Gesagte. — 3. Transport: In Körben, in der Spitzenbergschen oder in der Bromberger (Hollwegschen) Pflanzenlade oder auf Karren und Wagen, je nach Entfernung und Pflanzenmenge. Ballenpflanzen werden am besten auf Tragbahren oder in Körben getragen, weil bei Wagentransport die Ballen infolge der Erschütterung leiden. Die Pflanzen sind dabei sorgfältigst vor Austrocknung zu behüten: Schlämmen der Wurzeln, Einschlagen in feuchtes Moos, Bedecken mit einem Tuch etc. — 4. Aufbewahren: Kann das Einpflanzen nicht alsbald erfolgen, so ist wiederum sorgsamste Bewahrung der Saugwurzeln, sowie Vermeidung starker Verdunstung nötig. Zu dem Ende Einschlagen der Pflanzen an feuchtem, schattigem Ort in lockere Erde [3]).

III. Herrichtung der Kulturfläche.

§ 64. Eine eigentliche Bearbeitung des Bodens für den unmittelbaren Kulturzweck, wie nicht selten vor einer Saat, findet im allgemeinen nicht statt, es sei denn, daß eine der im 3. Kapitel, erster Teil geschilderten Urbarmachungsarbeiten ausgeführt werden muß. Etwaige Bodenbehandlung des Waldfeldbaubetriebs kommt an dieser Stelle nicht in Betracht. Die Pflanzlöcher werden in der Regel kurz vor dem Einsetzen der Pflanzen angefertigt. Nur ausnahmsweise, auf schweren bindigen, nassen Böden (Tonboden) oder vor dem Einsetzen älterer, wertvoller Heister kann es zweckmäßig sein, die Pflanzlöcher schon im Herbst anzufertigen, um den Winterfrost auf die gelockerte Erde einwirken zu lassen. Die zum Anschütten von Hügeln bei Obenaufpflanzungen oder zur Ausfüllung der mit Pflanzeisen, Hohlspaten usw. hergestellten Pflanzlöcher benötigte Kulturerde (Füllerde) wird meist schon im Herbst vor der Kultur auf der zu kultivierenden Flächen durch Zusammenharken der oberen

---

1) Gayer (Waldbau 4. Aufl. S. 365) spricht sich für möglichste Beschränkung des Beschneidens aus. Hauptsächlich bei stärkeren Pflanzen ist Wurzelverschnitt oft nötig, bei schwächeren zu vermeiden. Manche (z. B. Schütz) wollen eine lange Pfahlwurzel lieber zu einem Knoten schürzen. Nach den von Borggreve (forstl. Blätter 1878, S. 306) u. Heß (Forstw. Zbl. 1882, S. 385) hierüber angestellten Versuchen haben Eichen mit geknoteten Pflahlwurzeln keine wesentlichen Störungen im Wachstum gegenüber Eichen mit eingestutzten Wurzeln gezeigt. Erwähnung verdienen hier auch die von Lauropu. a. durchgeführten Versuche, das Versetzen von Pfahlwurzelholzarten dadurch zu erleichtern, daß die Pfahlwurzeln im Saatbeet bei den noch jungen Pflanzen durch Einstechen mit scharfem Spaten von der Seite her abgestoßen werden. Denselben Gedanken, nur auf die Seitenwurzeln übertragen, verfolgen die oben (S. 129) genannten Verfahren von Muth u. Kaiser.

2) Vergl. Geyer, Erziehung der Eiche zum Hochstamm, 1870.

3) Das Ausheben und Einschlagen in dünne Schichten empfiehlt sich nach Bühler (Prakt. Forstwirt für die Schweiz, 1885, Sept.—Okt.) auch zum Zurückhalten der Vegetation im Frühjahr, gegenüber von Kulturverzögerungen (durch die Witterung, Verwendung von Pflanzen aus der Ebene ins Gebirg usw.). Bedecken der Beete mit Reisig erwies sich nicht als zweckentsprechend. Ferner: Bühler (Schwz. Zeitschr. 1893, 123): Nadelhölzer haben mehr Abgang als Laubhölzer, 3- und mehrjährige Nadelhölzer sind weniger empfindlich als 1- und 2jährige; bei niedriger Frühjahrstemperatur kann das Einschlagen bis zu 2 Monaten ausgedehnt werden. — Ausheben im Herbst und Einschlagen über Winter ist bei sorgfältiger Behandlung ohne Bedenken (cfr. Tübinger Versuchsgarten). Das Einschlagen der Pflanzen in Büscheln ist zu vermeiden, vielmehr reihenweise Anordnung derselben. — Event. Zurückhalten der Vegetation bei den für die Frühjahrskultur vorgesehenen Pflanzen durch Lagerung (nach dem Ausheben) auf Schnee in sog. Schneegruben, das sind mit festgestampftem Schnee ausgefüllte 1,5 m tiefe Löcher, in welche die Pflanzen abwechselnd mit Reisigschichten eingelegt werden Die Wurzeln werden einige cm hoch mit frischer Erde eingebettet und das Ganze durch ein verstellbares schräges Reisigdach überdeckt. (cfr. u. a. Koźesnik, Zeitschr. f. d. ges. Forstw. 1894, 59.)

fruchtbaren Bodenschicht gewonnen und in entsprechender Verteilung auf der Kulturfläche in Haufen oder Hügeln zusammengesetzt. Mit diesen Arbeiten kann im Herbst eine Düngung mit langsam wirkenden Mineraldüngern (Thomasmehl, Kainit, kohlensaurer Kalk, Mergel) verbunden werden. Vergl. hierzu 4. Abschnitt unter „Bodenpflege". Unebenheiten, Steine, Felsen, Stöcke usw. beeinträchtigen zwar vielfach einen regelmäßigen Verband, sind aber kein Hindernis der Pflanzkultur an sich und verbleiben zumeist an ihrer Stelle, sofern nicht auf die Nutzbarmachung des Stockholzes Wert gelegt wird. Zu üppiges Unkraut, unbrauchbare Vorwüchse, nicht gewünschte Oberständer sind zu entfernen. Beim Uebergang von Mittelwald zum Hochwald oder allgemein bei Holzartenwechsel, zumal beim Uebergang von Laubholz zum Nadelholz, können die oft massenhaft erscheinenden Stock- und Wurzelloden für die junge Kultur sehr lästig werden und einen mehrjährigen harten Kampf bedingen. Vorheriges Entfernen der Stöcke und Wurzeln kann sich deshalb empfehlen. Uebrigens ist nicht zu übersehen, daß jene Ausschläge unter Umständen als Schutz- und Treibholz von Wert sein können.

IV. Vollzug der Pflanzung.

§ 65. A. Pflanzzeit: Man unterscheidet Frühjahrs- und Herbstpflanzung. Bedingend für die Wahl der einen oder anderen Pflanzzeit ist die Sicherheit des Erfolges und diese hängt von Standort, Holzart, Beschaffenheit der Pflanzen, Witterungsverhältnissen usw. ab. Hier und da sprechen auch die Arbeiterverhältnisse und sonstige äußere, den Kostenpunkt beeinflussende Momente mit. Nach der aus Erfahrung hervorgegangenen Gepflogenheit des praktischen Waldbaues fällt die Hauptpflanzzeit in das Frühjahr und endet hier mit dem Austreiben der Knospen. Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit, Vermeidung von Pflanzenverlusten durch Ausfrieren und Erfrieren oder Umdrücken durch Schnee, namentlich aber Ausnutzung des im Frühsommer besonders lebhaften Wurzelwachstums rechtfertigen die Bevorzugung der Frühjahrspflanzung gegenüber der Herbstpflanzung, namentlich insoweit Nadelholzkulturen in Frage kommen. Höhenlage der Kulturfläche, Jahreswitterung und Kulturmethode sind bei der engeren Umgrenzung der Pflanzzeit auf frühere oder spätere Zeitperioden im Frühjahr maßgebend. Kann die Kulturarbeit infolge zu großen Umfanges im Frühjahr nicht bewältigt werden, ist die Kulturfläche im Frühjahr zu feucht, die Witterung zu trocken oder die Vegetation zu rasch vorgeschritten, so nimmt man den Herbst zu Hilfe, am besten die Zeit von Mitte September bis Ende Oktober. Laubhölzer eignen sich zur Herbstpflanzung besser als Nadelhölzer, weil ihre Wurzeln im Herbst kräftiger und nachhaltiger wachsen als die der Nadelhölzer [1]). Laubhölzer sind namentlich dann von der Frühjahrspflanzung auszuschließen, wenn sie bereits angetrieben haben. Ebenso ist Lärche gegen Verpflanzung im angetriebenen Zustande sehr empfindlich. Die übrigen Nadelhölzer, insbes. Fichte und Schwarzkiefer, lassen sich mit mehr Erfolg im Frühjahr nach Beginn der Vegetation verpflanzen. Es empfiehlt sich aber auch bei ihnen, bei späterer Kulturzeit die Entwickelung der Knospen durch Ausheben der Pflanzen und Einschlagen an schattigem, kühlen Orte zurückzuhalten. Ballenpflanzung gestattet Außerachtlassung des Vegetationszustandes umsomehr, je kleiner die Pflanzen und je größer der Ballen ist.

B. Herstellung geregelter Pflanzverbände.

Die Herstellung geregelter Verbände erfolgt mit Hilfe der aus starkem Hanf gefertigten oder aus schwächeren Drähten zusammengedrehten Pflanz- und Richt-

1) Vergl. Engler, Untersuchungen üb. d. Wurzelwachstum der Holzarten. Mttlgn. d. Schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchsw. VII. 1903, S. 247.

schnuren oder auch mit Hilfe von Pflanzketten. Dem gewählten Pflanzen- bezw. Reihenabstand entsprechend werden die Schnuren und Ketten mit Zeichen oder Marken versehen (Bärsche Pflanzkette mit verstellbaren Markierungen, Forstw. Zbl. 1897, S. 651). Nach diesen Zeichen werden an den straff ausgespannten, mit Endpflöcken in den Boden befestigten Schnuren oder Ketten die Pflanzstellen auf der Kulturfläche durch Einhiebe mit der Hacke oder durch Einstecken von Holzstäbchen vorgezeichnet. Bei größeren Kulturflächen kann die Zuhilfenahme einfacher Instrumente zum Abstecken rechter Winkel (Winkelspiegel, Kreuzscheibe, Winkelprisma) angezeigt sein, um regelmäßige Kulturen fertig zu bringen. Peinliche Genauigkeit ist aber auch hier Spielerei und kein Haupterfordernis guter Kulturen.

C. Pflanzenmenge und Pflanzweite.

Die zur Bepflanzung einer Fläche notwendige Pflanzenmenge hängt von der Größe der Kulturfläche, von der Verbandsart, sowie von der Pflanzweite ab und ist gleich dem Quotienten Fläche: Standraum der Einzelpflanze. Bei gegebener Kulturfläche F stellt sich die Pflanzenzahl Z bei Reihenpflanzung (Abstand der Reihen = a, Pflanzenabstand in den Reihen = b) auf $Z = \frac{F}{ab}$; bei Quadratpflanzung (Pflanzenabstand = a) auf $Z = \frac{F}{a^2}$; bei Dreieckspflanzung (Pflanzenabstand = a) auf $Z = \frac{F}{0.866 \cdot a^2} = \frac{F}{a^2} \cdot 1{,}155$ und beim Fünfverband (Pflanzabstand = a), der nichts anderes darstellt als einen auf der Kulturfläche zweimal durchgeführten Quadratverband, $Z = 2\,\frac{F}{a^2}$. Bei gleicher Fläche und gleichem Verband bestimmt somit die Pflanzweite, d. h. der Pflanzen- bezw. Reihenabstand die Pflanzenzahl und damit die Bestandsdichte. Ueber die zweckmäßigste Pflanzenweite hat von jeher ein lebhafter Meinungsaustausch stattgefunden und noch heut ereifern sich die Gemüter, wenn die „Verbandsweite“ auf der Tagesordnung von Forstvereinsverhandlungen steht. Schon daraus, daß endlose Zeitschriften- und Vereinsdebatten über die beste Pflanzweite nicht ins Reine kommen konnten, geht mit Sicherheit hervor, daß es für die Pflanzweite keine allgemeine Regel gibt. Holzart, Alter und Stärke der Pflanzen, Standort, Schutzbedürfnis des Bodens und schließlich auch der von den ökonomischen Verhältnissen einer Gegend oder eines Landes wesentlich abhängige wirtschaftliche Zweck der zu begründenden Bestände bedingen hier engere und lassen dort weitere Pflanzung zu. Auf guten und besten Böden wird in neuerer Zeit die weitständige Pflanzung ihrer größeren Zuwachsleistungen halber mehr empfohlen als die engere. Letztere ist aber auf armen, trockenen oder unkrautwüchsigen, kurz auf Böden, die eine schnellere Deckung brauchen, in heißen, steileren Lagen, bei langsam wachsenden, kleinen Pflanzen und ganz besonders bei solchen Holzarten durchaus richtig, die auf einen größeren Standraum mit Sperrwüchsigkeit und Aestigkeit quittieren. Je energischer eine Holzart in die Aeste geht, sobald sie Raum hat, um so enger muß sie gepflanzt werden, sofern Nutzholzerziehung der Zweck der Wirtschaft ist. Wächst die Holzart auch im Freistande geradschaftig, so steht ihrer Auspflanzung im weiteren Verbande nichts entgegen, wenn auf einen schnelleren Schluß der Kultur verzichtet und eine etwas gesteigerte Aestigkeit mit in Kauf genommen wird. Fichte, Tanne und Lärche gestatten weiteren Verband und zeigen dann nach den Erfahrungen der zahlreichen Kulturversuchsflächen [1]) gegenüber den engen Verbänden wesentliche Mehrleistungen in

---

1) Vergl. Kunze, Ueb. d. Einfluß der Anbaumethode auf d. Ertrag der Fichte. Th. Jhrb. Bd. 39, 45, 52, 57. Ders. Ueb. d. Einfluß der Anbaumethode auf den Ertrag der gemeinen Kiefer.

Höhen- und Massenzuwachs und naturgemäß auch erheblich geringere Kulturkosten. Kiefer hingegen und die Laubhölzer, unter letzteren namentlich Buche und Eiche, erfordern engen Verband, wenn sonst sie zu tauglichen Schäften heranwachsen sollen. Der engere Verband hat weiterhin den für alle Holzarten geltenden Vorzug, daß die Mehrheit der auf der Fläche stehenden Pflanzen dem Wirtschafter bei der späteren Bestandspflege zwar größere Arbeit macht, ihn aber auch mehr in den Stand setzt, nur hoffnungs- und zukunftsreiches Material zu pflegen. Auch der Holzmarkt spricht bei der Frage der engen oder weiten Verbände mit, insofern die von industriereichen Gegenden geforderte Erziehung schwacher Sortimente auf engere Pflanzung hinweist, während unter Voraussetzung günstiger Standortsverhältnisse die weitständige Pflanzung dort am Platze ist, wo die Rentabilität der Wirtschaft nur durch Angebot starker Hölzer gehoben werden kann. Die durchschnittlich vorteilhaften Pflanzweiten liegen zwischen 1 bis 1,5 m. Man kann sie mittlere Verbände nennen, wenn man die Pflanzweiten unter 1 m als eng, die über 1,5 als weit bezeichnet.

§ 66. D. Pflanzverfahren. Man unterscheidet Loch- und Obenaufpflanzungen. Bei ersteren werden die Pflanzen in auf irgend eine Weise angefertigte Löcher in den Boden, bei letzteren so in angeschüttete Erdhügel, umgestülpte Rasenplaggen usw. eingesetzt, daß sie mit ihren Wurzeln über dem gewachsenen Boden stehen. Zur Verwendung kommen Ballen- oder ballenlose Pflanzen. 1. Pflanzung mit Ballenpflanzen: Dieselben Instrumente, die zum Ausheben der Pflanzen benutzt werden (cfr. II, E dieses Teiles, § 63) dienen in der Regel auch zum Anfertigen der Pflanzlöcher, welche in allen Fällen einen der Gestalt und Größe des Wurzelballens möglichst entsprechenden Raum darstellen sollen, so daß der Ballen, nach leichtem Druck mit der Hand, rings an der Lochwandung fest anschließt. Die Ballen werden mindestens bis zu ihrer oberen Grenzfläche in den Boden eingesenkt.

2. Pflanzung mit ballenlosen Pflanzen. a) Lochpflanzungen: Nach der Art und Weise, wie die Pflanzlöcher hergestellt werden, unterscheidet man Hack- und Spalt- oder Klemmpflanzungen.

1. Gewöhnliche Hackpflanzung. Anfertigung des Pflanzloches mit Spaten oder Hacke nach Entfernung des Bodenüberzuges. Bindige und unkrautwüchsige Böden, sowie ältere Pflanzen erfordern größere Pflanzlöcher. Die gelockerte Erde wird entweder im Pflanzloch gelassen oder ganz oder teilweise herausgenommen. Im letzteren Falle wird sie oftmals nach ihrer höheren oder tieferen Lage im gewachsenen Boden als gut oder weniger gut sortiert. Bei trockenem Wetter ist Ausheben des Bodens nur dann zulässig, wenn sofort nach Anfertigen des Pflanzloches gepflanzt wird. Die Pflanzen sollen in der Regel nach dem Einsetzen so tief im Boden stehen, wie vor dem Ausheben [1]), also normal etwa bis zur Grenze von Wurzel und Schaftteil. Sehr häufig findet man bei den Kulturarbeitern die Neigung, die Pflanzen zu tief in den Boden zu setzen. Alle Wurzeln sind möglichst in ihre natürliche Lage zu bringen und mit fruchtbarer Erde dicht zu umgeben. Ebenso sind Stauchung und Aufwärtsbiegung der Wurzeln — sehr oft die Folge zu kleiner oder schlecht gelockerter Löcher — möglichst zu vermeiden. Zur Erzielung natürlicher Wurzellagerung ist die Pflanze in die Mitte, nicht an eine Seite des Pflanzloches zu setzen. Empfehlenswert ist das vielfach geübte, durch v. Uiblagger (Forstwiss. Zbl. 1904, S. 463 ff.)

Th. Jhrb. IV. Suppl.-Bd., ferner Bd. 43, 48, 54, 59. — Siefert u. Burger, Die Kulturversuche auf d. Köcherhof im Forstbezirk Ettenheim, Karlsruhe 1905.

1) Ausnahme z. B. hier und da die Kiefer im Sand, welche daselbst zunächst etwas tiefer eingesenkt wird, weil sich der lose Sand doch noch merklich setzt.

beschriebene Verfahren, in dem 40—60 cm im Quadrat großen Pflanzloch einen Teil des gelockerten Erdreiches zu einem Hügel zu formen, die Pflanze hierauf zu stellen, ihre Wurzeln nach allen Seiten entlang der Hügelwand auszustreichen und durch Hereinziehen der zunächst aus dem Loch herausgenommenen Erde die Pflanze fest und so tief anzuhäufeln, wie sie an ihrem bisherigen Standorte stand. In erster Linie eignet sich dieses Verfahren für Holzarten mit flachstreichenden Wurzeln (Fichte); Holzarten mit Pfahlwurzel bedürfen eher einer Vertiefung des Loches zur Aufnahme der Pfahlwurzel. Auf sorgfältigsten Vollzug der Pflanzung, möglichst unter Verwendung von Pflänzlingen mit unverstümmelten Wurzeln, ist streng zu halten; scharfe Kontrolle ist erforderlich[1]). Bei der Pflanzung stärkerer Exemplare (Halbheister, Heister) sind zwei Arbeiter notwendig, von denen der eine das Senkrechthalten der Pflanze, der andere das Einfüllen der Erde besorgt, oder es empfiehlt sich hierbei, sofern ein Arbeiter das Pflanzgeschäft besorgt, die Benutzung des Rebmannschen Pflanzenhalters, welcher die Pflanze an der gewünschten Stelle und in erforderlicher Höhe festhält, so daß der Arbeiter beide Hände zum Umfüttern der Wurzeln mit Erde frei hat.

Zu den Hackpflanzungen sind auch jene Pflanzmethoden zu rechnen, bei denen die Herstellung des Pflanzloches durch ein- oder mehrmaliges Einstoßen, Drehen und Wuchten eines die Lockerung und Mischung des Bodens besorgenden Werkzeuges geschieht. Hierher gehört die Pflanzung nach Biermans: Fertigen des Pflanzloches mit dem Spiralbohrer. Einsetzen besonders (unter Anwendung von Rasenasche) hierfür erzogener Pflänzlinge (2 bis 3jährig), ebenfalls unter Verwendung von Rasenasche oder guter Kulturerde. Gut im Erfolg auf mittelbindigem, nicht verwurzeltem und nicht steinigem Boden, aber nicht sehr rasch arbeitend. Besondere Arbeiter, welche die Löcher fertigen, gehen hier, wie auch meist bei der gewöhnlichen Pflanzung, mit dem Bohrer den Pflanzern voraus. Ferner gehört hierher die Pflanzung mit Hilfe des Spitzenbergschen Wühlspatens. Lockerer, steinfreier und nicht verwurzelter Boden vorausgesetzt, gewährleistet der Wühlspaten bei der vom Erfinder vorgeschriebenen Handhabung eine ganz vorzügliche Zerkrümelung und Mischung des Erdreiches.

Als hierher gehörig mögen von den zahlreichen Lochpflanzungsverfahren noch genannt sein die Kulturmethode des Forstmeisters Kožešnik[2]), die den beiden Haupterfordernissen einer guten Kulturausführung, guter Bodenlockerung und normaler Wurzellagerung, gebührend Rechnung trägt; ferner das Kiefernkulturverfahren des Forstmeisters Splettstößer[3]), wobei das Pflanzloch durch Einstoßen, mehrfaches Umdrehen und Herausheben eines aufklappbaren Zangenbohrers beliebig tief hergestellt wird, und die sog. Ueberwurfkultur von Forstmeister Grohmann[4]), bei welcher die aus einem Pflanzloch mit dem Spaten ausgehobene Erde in das leere bereits vorher angefertigte Loch geworfen wird. Der bessere Boden kommt auf diese Weise nach unten, der Rohboden nach oben. Wenn diese Umlagerung auch nicht immer zweckmäßig sein wird, so bürgt das Verfahren doch auf alle Fälle für eine dem Anwachsen der Pflanzen günstige gute Bodenlockerung.

2. Spalt- oder Klemmpflanzungen. Die sehr zahlreichen hierher gehörigen Pflanzverfahren haben das Gemeinsame an sich, daß sie durch Verringerung der Bodenbearbeitung eine Beschleunigung des Kulturgeschäftes anstreben. Sie übertreffen demzufolge die Hackpflanzungen in der Wohlfeilheit mehr oder weniger, stehen ihr aber an Güte und Wert zum Teil bedeutend nach und kranken weiterhin an dem Uebelstand, daß sie fast durchgängig auf lockere, steinfreie und wenig verunkrautete Böden und auf Verwendung kleinerer Pflanzen angewiesen sind. In dem Maße sie diese Beschränkungen außer acht lassen, sinkt ihre Berechtigung. Mit keil- oder spatenförmigen, aus Holz, Eisen oder beiden Materialien hergestellten kurz-

---

1) Vergl. u. a. Reuß (Wiener Kongreß 1890: Ueber die nachteiligen Einflüsse naturwidriger Pflanzenmethoden etc., Allg. F.- u. J.-Z. 1891, 1), sowie Kožešnik: Zeitschr. f. d. ges. Forstw. 1889, 477 und 1892, 105. — Spitzenberg, Ueber Mißgestaltungen des Wurzelsystems der Kiefer und über Kulturmethoden. Deutsche Forst-Ztg. 1908, 494, 515 ff.

2) Kožešnik, Die neue Pflanzmethode im Walde. 3. Aufl. Wien 1908.

3) Splettstößer, Einfluß unserer Kulturmethoden auf d. Absterben der Kiefer. Ztschr. f. Forst- u. Jw. 1908, 689.

4) Grohmann, Ueberwurfkultur im Vierverband. Bericht d. Sächs. Forstvereins 1897, 150.

oder langgestielten Werkzeugen werden in den durch Hacken, Rigolen oder Pflügen platz- bezw. streifenweise mehr oder weniger gelockerten, bisweilen auch in den ungelockerten Boden keil- oder spaltförmige Löcher gestoßen und durch Hin- und Herrütteln des Instrumentes erweitert. Hierein wird die einzusetzende Pflanze gehalten. Während des Einhaltens wird das Loch durch einmaliges oder wiederholtes seitliches Einstechen des Lochstoßers und durch Andrücken der Erde gegen das Pflanzloch geschlossen. Alle auf diesem Prinzip beruhenden Pflanzverfahren haben den auf bindigem Boden in verstärktem Maße hervortretenden Nachteil an sich, daß die Wurzeln der Pflanzen in unnatürlicher Weise zusammengepreßt und gequetscht werden, ein Uebelstand, der namentlich bei mangelhafter Ausführung des Pflanzgeschäftes allerhand Wurzelmißbildungen und damit zusammenhängend späteres Kümmern und Lückigwerden der Kulturen zur Folge haben kann. Lockere Böden und Verwendung 1- oder 2jähriger Pflanzen lassen diese Nachteile weniger hervortreten und sind deshalb, wie schon hervorgehoben, Bedingung für die Zulässigkeit der Klemm- und Spaltpflanzungen.

Die Praxis hat eine große Reihe von Lochstoßern erfunden, von denen genannt seien: Setz- oder Pflanzholz, Pflanzdolch, Spitzenbergs Pflanzholz mit Wühlspitze, Buttlar-Eisen, Wartenbergs Stieleisen, Grünewalds Pflanzenstichel, v. Alemanns Pflanzspaten, Pflanzbeil, Pflanzlanze, Keilspaten, Spitzenbergs Spaltschneider. Verwendung haben diese Instrumente hauptsächlich beim Auspflanzen von Kiefernjährlingen gefunden, denen oft, um sie besser in das teilweis enge Pflanzloch hineinzubringen, die Wurzeln eingeschlämmt wurden. Diese im Eintauchen der Wurzeln in Lehmbrühe bestehende Maßnahme empfiehlt sich nicht, da die Möglichkeit zu Wurzelmißbildungen hierdurch nur noch gesteigert wird. Viel gebraucht wurden bei der Kiefernjährlingspflanzung das Wartenbergsche Eisen, ein großes Stoßeisen mit Stiel und Krücke, und das Buttlar-Eisen. Letzteres, ein spitzer Eisenkeil mit gebogenem Handgriff, wird geworfen, so daß es bis zum Griff senkrecht im Boden steckt. In das durch das Herausziehen gebildete Loch kommt ein eigens erzogener Pflänzling (lange Wurzelstränge); durch Beistechen mit dem Eisen wird die Erde an die Wurzeln gedrückt. Das Verfahren fördert sehr; der nämliche Arbeiter macht das Loch und setzt die Pflanze (Führung des Eisens mit der rechten, der Pflanze mit der linken Hand).

Die Zahl der zu den Lochpflanzungen aller Art erfundenen Kulturinstrumente ist Legion, teils sind es neue Erfindungen, teils nur Modifikationen bekannter älterer Werkzeuge. Uebung ist Hauptsache, gute und zugleich rasche (billige) Arbeit Erfordernis. Unter Umständen weitgehende Arbeitsteilung nach den Einzelmanipulationen, wie Anfertigen der Pflanzlöcher, Einlegen der Pflanzen, Andrücken derselben usw. Rasches Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten ist zu bewirken. Verwendung von Frauen beim Pflanzen gestattet wohlfeilere und vielfach auch sorgfältigere Arbeit. Zahl der insgesamt zu verwendenden Arbeitskräfte nicht größer, als daß dieselben noch gut überwacht werden können. Tagelohn- und Akkordarbeiten in Uebung; letztere zulässig, wenn für Verfehlungen hohe Strafen angesetzt sind. Besonders ist darauf zu achten, daß die Pflänzlinge nicht vor dem Einsetzen mit freiliegenden Wurzeln der Sonne und dem Wind ausgesetzt sind.

b) Obenaufpflanzungen. Die Pflanzen werden hierbei nicht in Pflanzlöcher, sondern auf dem Boden gepflanzt und zwar zumeist in angeschüttete Erdhügel (Hügelpflanzung) oder in umgeklappte Rasenplaggen (Plaggen- oder Rasenhügelpflanzung), in einzelnen Fällen — auf besonders nassen, nicht zu entwässernden Böden — auch auf erhöhte Erddämme, die durch Ausheben zusammenhängender oder unterbrochener Gräben hergestellt worden sind (Rabattenpflanzung).

Am gebräuchlichsten ist die Hügelpflanzung. Der Hügel wird entweder aus der auf der Pflanzstelle gewonnenen Erde geformt (gewöhnliche Hügelpflanzung) oder wird — bisweilen schon im Herbst — mit guter, auf der Kulturfläche oder in deren Nähe gesammelter Kultur- (oder Kompost-)erde angeschüttet und nach der Bepflanzung mit zwei halbmondförmigen, umgekehrten Rasenplaggen gedeckt (v. Manteuffelsche[1]) Hügelpflanzung). Beim Manteuffel-

1) v. Manteuffel, Die Hügelpflanzung der Laub- und Nadelhölzer. 4. Aufl. Leipzig 1874.

schen Verfahren („Manteuffelei“) wird die Pflanze, nachdem der Hügel bis auf den gewachsenen Boden auseinandergezogen worden ist, mit ausgebreiteten Wurzeln direkt auf die Bodendecke aufgesetzt. Nach sorgfältiger Einbettung der Wurzeln wird der Hügel wieder herangezogen, leicht angedrückt und gedeckt.

Zweck der Hügelpflanzung ist Sicherung des Kulturerfolges namentlich auf feuchten und nassen Böden. Durch das Hochsetzen kommen die Pflanzen in solchen Lagen aus dem meist vorhandenen Graswuchs und damit aus der Frostzone heraus; außerdem kommen ihnen die in der Hügelerde bezw. in den verwesenden Rasenplaggen enthaltenen Nährstoffe zugute. Aus letzterem Grunde wendet man Hügel auch auf trockenen, aber armen Kiesböden, in abgebauten Brüchen, beim Zupflanzen von Wegen usw. an. Meist hört in den letzteren Fällen aber das Wachstum der zunächst gut gedeihenden Pflanzungen auf, sobald die Nährstoffe des Hügels aufgebraucht sind. Da die Hügelpflanzung nicht billig ist, bleibt sie im allgemeinen auf kleine Flächen beschränkt.

In besonderen Fällen wird die Pflanzung nicht mit bewurzelten, sondern unbewurzelten Pflanzen- bezw. Pflanzenteilen, mit S t e c k l i n g e n, S e t z s t a n g e n und A b l e g e r n vorgenommen. Mit S t e c k l i n g e n (S e t z r e i s e r n) bezeichnet man 20—40 cm lange, beiderseits glatt abgeschnittene Teile ein- oder 2jähriger Weidenruten. Bei der Anlage von Weidenhegern, wo sie fast ausschließlich Verwendung finden, werden sie in gelockerten Boden in Löcher eingebracht, die meist mit dem Setzholz oder einem ähnlichen Instrument senkrecht vorgestochen werden, und sind zur selbständigen Bewurzelung befähigt, sofern der Boden die nötige Frische besitzt. (Vergl. Weidenniederwald, S. 82). —Auf der Fähigkeit selbständiger Wurzelbildung beruht auch die beim Kopfholzbetriebe bei Pappel und Baumweiden gebräuchliche Verwendung von S e t z s t a n g e n. Man versteht darunter 2—3 m lange bis 5 cm starke, aus kräftigen Stockausschlägen herausgeschnittene Schaftteile, die in vorgestochene, 30—50 cm tiefe Löcher senkrecht eingepflanzt werden. Des unvermeidlichen Einfaulens des Stockes wegen empfiehlt sich jedoch die Verwendung bewurzelter Stämmchen aus Baumschulen mehr als die Verwendung von Setzstangen.

Lückige Nieder- und Mittelwälder lassen sich gegebenen Falles durch Benutzung von A b l e g e r n oder A b s e n k e r n verdichten. Zu diesem Zwecke werden tiefsitzende Aeste herabgezogen oder Stockloden umgelegt, nach Entfernung hinderlicher Seitenäste dem Boden glatt angedrückt und 10—20 cm hoch mit Erde bedeckt und vom Mutterstocke getrennt, sobald sie sich bewurzelt haben.

V. Schutz und Pflege der Pflanzkulturen.

§ 67. Beschränkt sich im allgemeinen auf die bei der Pflege der Saatkulturen (vgl. S. 117) genannten Maßnahmen, d. h. auf die Bekämpfung des Unkrautes, auf das Offenhalten etwa vorhandener Entwässerungsgräben, Anhäufeln der Erde um stärkere Heister, Sicherung der Pflanzen gegen Wildverbiß, gegen Mäuse und Insekten (Engerling, Rüsselkäfer usw.), worüber Näheres im Forstschutz. Ueber Düngung zurückbleibender Pflanzungen s. unter „Bodenpflege“, Abschn. IV.

Viertes Kapitel.

Betriebsarten und Bestandesbegründung bei den einzelnen Holzarten.

Vorbemerkung. Nur in kurzen Andeutungen sollen hier die Betriebsarten und die in enger Verbindung damit stehenden wesentlichsten Verjüngungs- und Bestandsbegründungsarten zusammengestellt werden, welche man in der forstlichen Praxis bei den einzelnen Holzarten antrifft. Besondere standörtliche und wirtschaftliche Verhältnisse stellen jeweils spezielle Aufgaben. Das Studium der nachgewiesenen Literatur in Verbindung mit der Beobachtung im Walde muß die Kenntnis der Details vermitteln. Insbesondere ist von den eingangs aufgeführten Werken hier auf Burckhardts Säen und Pflanzen, sowie auf die über die einzelnen Holzarten vorhandene monographische Literatur wiederholt hinzuweisen.

I. Laubhölzer.

§ 68. 1. Buche[1]).

A. Betriebsart. Die Buche ist ausgesprochene Hochwald-Holzart. Erscheint sie auch häufig im Mittelwald, sowie da und dort im Niederwald, so kann doch wegen ihrer verhältnismäßig geringen Reproduktionskraft keiner dieser beiden letztgenannten Betriebe auf sie als Hauptholzart gegründet sein. Als Oberholzbaum im Mittelwald ist die Buche überdies zu dichtkronig.

Im Hochwald findet sich die Buche (Umtriebszeit gewöhnlich 100—120 Jahre, Haubarkeitsdurchschnittszuwachs auf mittlerem Standort 4—6 Fm. pro ha) meist im Schirmschlag-, auch wohl im Femelschlagbetrieb, im reinen Bestand sowohl, als in Mischbeständen. Reine oder annähernd reine Bestände, welche bis zu dem durch die Konkurrenz der Steinkohle herbeigeführten Rückgang in der Wertschätzung des Brennholzes vielfach Wirtschaftsziel waren, können dies heute nicht mehr sein, da, selbst wenn sich für Buchennutzholz noch neue, umfängliche Verwendungsarten finden oder bereits bekannte sich als ausdehnungsfähig erweisen sollten, doch tatsächlich kaum ein besonders hohes Nutzholzprozent bei der Verwertung reiner Buchenbestände von größerer Ausdehnung sich ergeben wird, weil eben jene Verwendungsarten (Eisenbahnschwellen, gebogene Möbel, Holzpflaster usw.) doch nur einen im Vergleich zur Gesamtmassenerzeugung im Buchenwalde nicht sehr erheblichen Bedarf bedingen. In Gegenden, welche von den großen Kohlenlagern weiter entfernt sind, hat Buchenbrennholz noch einen besseren Absatz. Jedenfalls bleibt der Buche unbestritten der Vorzug eines trefflichen Einflusses auf den Boden, so daß einer irgend einseitigen Verdrängung derselben entschieden widerraten werden muß [2]), wenn auch gegen eine wohl erwogene örtliche Einschränkung ihres Gebietes nichts eingewendet werden kann. Sie bleibt Hauptholzart im gemischten Bestande, sei es als bestandesbildender Teil,

1) Vergl. Grebe, Der Buchenhochwald 1856. — Knorr, Studien über die Buchenwirtschaft 1863. — Frömbling, Der Buchenhochwaldbetrieb 1908. — Ders., Anleitung zur natürl. Verjüngung des Buchenhochwaldes. Mündener f. Hefte. Hft. I, 153; II, 24; III. 1892/93. — v. Bentheim, Wie sind reine Buchenhochwaldungen zu bewirtschaften? 1890. — Kraft, Zur natürlichen Verjüngung der Buche. Ztschr. f. Forst- u. Jw. 1892, 628. — Martin, Folgerungen der Bodenreinertragstheorie. Bd. I. 1894. Die Buche. — Hufnagl, Die Buchenfrage in der österr. Forstwirtschaft. 1900. — Kutsch, Die Stellung des Buchenwaldes im deutschen Nationalvermögen 1898. — Bericht. über die 25. Vers. deutscher Forstmänner 1897, 38; desgl. 1. Vers. d. deutschen Forstvereins 1900, 135. — Heck, Allg. Forst- u. J.-Ztg. 1897, 406; Lorey, das. 1897, 391; Endres das. 1898, 91. — Sellheim, Zur Buchenfrage. Mündener f. Hefte 13. 1898, 8. — Trebeljahr, das. 14. Hft. 1898, 73. — Schuberg, Aus deutschen Forsten, II. Die Rotbuche 1894. — Wimmenauer, Ertragstafeln f. d. Buchenhochwald in Oberhessen. Allg. Forst- u. J.-Ztg. 1893, S. 300. — Schwappach, Die Rotbuche 1911. —

2) Namentlich sollte bei Umwandlung in Nadelholz, bes. Fichte, eine gewisse Vorsicht walten, vergl. S. 34.

sei es als höchst schätzbares Unterholz im Unterbau- und Lichtungsbetrieb. Zum Ueberhaltbetrieb ist die Buche wenig geeignet (breite Krone, stark beschattend, Rindenbrand etc.). Besondere Starkhölzer können, von höheren Umtrieben abgesehen, im zweihiebigen Hochwald oder im v. Seebachschen Betrieb erzogen werden.

B. Verjüngung. Sie erfolgt angesichts des Schutzbedürfnisses der jungen Buche gegen Frost, Hitze und Unkraut vornehmlich auf natürlichem Wege, selten durch Ausschlag bezw. Absenker, ausnahmsweise (und dann meist unter Schirm) durch Saat oder Pflanzung.

1. Natürliche Verjüngung:

a) Durch Samen: Hauptsächlich im Schirmschlagbetrieb. Die in § 40 geschilderten Hiebsführungen (Vorbereitungshieb, Samenschlag, Nachlichtungen) haben insbesondere bei der Rotbuche Platz zu greifen, und zwar kommen sie je nach Umständen mit allen daselbst angedeuteten Modifikationen bezüglich des Tempos, in welchem vorgegangen wird, sowie des Grades der einzelnen Eingriffe in den Mutterbestand vor. Wird die Verjüngung ohne länger andauernde allmähliche Vorbereitungshiebe im wesentlichen durch eine entsprechend stärkere Durchlichtung zwecks unmittelbarer Schlagbesamung eingeleitet, so spricht man von der „Verjüngung aus vollem Ort". Eventuell Bodenverwundung bei Eintritt eines Mastjahres (Kurzhacken, Rechen, Schweineeintrieb, Pflug, Egge, dänische Rollegge, Webers Waldgrubber), namentlich auf schlechteren und von stärkeren Trockentorfschichten überlagerten Partien. Wo der Erfolg zweifelhaft, wird am besten nicht lange zugewartet, sondern zur Anpflanzung mit Nadelholz (Fichte, Douglasie, Lärche, Weymouthskiefer, Forche) geschritten. Gefahr durch Frost und Hitze, sowie durch Forstunkräuter ist in erster Linie für die Art der Nachlichtung entscheidend; langsameres Vorgehen bietet hiergegen im allg. mehr Schutz als rasches Nachhauen. Die Gewinnung eines Lichtungszuwachses an den Mutterbäumen kommt bei der Buche zwar meist weniger als Wirtschaftsziel in Betracht, ist aber gerade bei dieser Holzart mehr als bei jeder anderen leicht und beachtenswert. Die Buche reagiert, wie die Lichtmessungen Cieslars (Rolle des Lichtes im Walde 1904, S. 27, 103) und die Ertragsuntersuchungen Schwappachs (d. Rotbuche 1911) zeigen, auf Lichtstellung durch überraschende Ausbreitung und Verdichtung der Krone und ganz erheblichen Massenzuwachs. Genügend reichliche und regelmäßige Masten je nach dem Standort vom 70. bis 100. Jahre ab (oft noch früher).

Galt noch im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts die gelungene Durchführung der natürlichen Samenverjüngung eines reinen Rotbuchenbestandes (nach den G. Ludw. Hartigschen Generalregeln: Vorbereitungsschlag, Samenschlag = Dunkelschlag, Auslichtungsschlag) als vornehmste Aufgabe forstlicher Kunst, so ist die Wertschätzung solcher Leistung heute begreiflicherweise (cfr. § 15, S. 33) nicht mehr die gleich hohe. Trotzdem spielt die natürliche Buchenverjüngung in der waldbaulichen Tätigkeit noch eine Hauptrolle, namentlich in allen Fällen, in welchen die Buche als Mischholzart den Grundbestand zu bilden hat. Daß übrigens auch der reine Buchenbestand örtlich noch sehr gewürdigt wird, beweisen die Erörterungen, welche die dänische Buchenwirtschaft in den letzten Jahren erfahren hat, im Anschluß an die Schilderung derselben durch Dr. Metzger („Dänische Reisebilder", Mündener forstl. Hefte, 1896, IX. und X. Heft). Daraufhin, sowie nach den Verhandlungen verschiedener Forstversammlungen (z. B. Stuttgart, 1897, cfr. S. 38 — Pommerscher Forstverein, 1900 — Wiesbadener Versammlung, 1900) ist auch die Verjüngung der Buche lebhaft besprochen [1]) und namentlich auch in der Richtung diskutiert worden, ob die im dänischen Buchenwalde angeordneten Maßregeln auf Deutschland zu übertragen sein möchten. Auch die reiche Voll-

1) Vergl. u. a. Urich, Dänische und deutsche Buchenhochwaldwirtschaft 1897. — Fürst, Forstwiss. Zbl. 1897, 241. — v. Fischbach, Mündener forstl. Hefte 12. Hft., 42. — Thaler, Allg. F.- u. J.-Z. 1898, 113. — Metzger, A. F.- u. J.-Z. 1898, 346. — Eulefeld, Aus dem Walde 1898, 4, sowie Forstw. Zentralbl 1898, 131 und A. F.- u. J.-Z. 1898, 188. — Metzger, Vortrag f. d. Versammlung zu Schwerin 1899. — Speidel, A. F.- u. J.-Z. 1899, 261. — Graser, Forstw. Zentralblatt 1899, 121. — Hauch, A. F.- u. J.-Z. 1900, 225.

mast des Jahres 1888 hatte bereits zu vielfachen Aeußerungen über deren zweckmäßigste Ausnutzung Anlaß gegeben.

Die dänische Wirtschaft bedient sich grundsätzlich einer intensiven Bodenbearbeitung (event. Anwendung der Rollegge — cfr. Metzger, Allg. F.- u. J.-Z. 1900, 279), sodann vielfach der Blockpflanzung unter schwachem Schirmstand, d. h. der Pflanzung von 1jähr. Buchen in Reihen und zwar durch Einsetzen von Ballen bezw. Plaggen, mit je mehreren Pflänzlingen aus engem Stand im Saatbeet entnommen. Besonders charakteristisch ist dann eine intensive Bestandspflege, welche — unter Erhaltung des Zwischen- und Unterstandes so lange, bis die Schaftreinigung besorgt ist — schon frühzeitig auf besonders gute Entwickelung einer beschränkten Zahl späterer Haubarkeitsstämme abzielt (darüber später unter „Bestandeserziehung"). Rasche Schlagräumung.

In der Regel kann man eine natürliche Buchenverjüngung in 20 Jahren gut durchführen. Günstige Verhältnisse gestatten die volle Schlagräumung schon nach 12—15 Jahren; Ausdehnung des Verjüngungszeitraumes auf mehr als 20 Jahre nur in Ausnahmefällen erforderlich.

Auch im Buchen-Verjüngungsschlage findet sich, wenn auch nicht so regelmäßig wie bei der Tanne, so doch nicht selten von früheren (als dem planmäßig zu benützenden) Mastjahren her Aufschlag auf der ganzen Fläche oder als Vorwuchsgruppen und -Horste vor, welche jedoch im Schirmschlagbetrieb im allgemeinen nicht besonders gepflegt werden. Dies schließt jedoch nicht aus, daß man ihn, soweit entwickelungsfähig, bei der Verjüngung mitbenutzt. Sperrwüchse sind nicht zu dulden. Das radikale Vorgehen der dänischen Verjüngungsmethode, die selbst einen recht guten Aufschlag entfernt, um eine durchaus gleichmäßige Verjüngung möglichst mit einer Mast zustande zu bringen, erscheint nicht mit Unrecht manchem deutschen Buchenzüchter als zu weitgehend.

b) Durch Ausschlag: Im Mittelwald, soweit die Buche im Unterholz vertreten sein soll; bekanntlich gibt sie nicht andauernd reichliche Ausschläge, so daß sie sich hier wenig eignet.

c) Durch Absenker[1]: Ausnahmsweise in besonders kritischen Lagen (steile, sonnige Einhänge).

2. Künstlicher Anbau:

Kommt zur Verjüngung bereits vorhandener Buchenbestände ausnahmsweise dann in Frage, wenn man aus irgend welchen Gründen das Eintreten einer Mast überhaupt nicht abwarten oder es nicht auf den Erfolg einer nächsten Mast ankommen lassen will, nachdem bereits eine oder mehrere Besamungen fehlgeschlagen sind. Außerdem bei Bestandesumwandlungen, sowie in Gestalt des Unterbaues.

a) Saat: kommt als Vollsaat, Riefensaat und Plätzesaat vor (letztere beiden häufiger). Voraufgehende Bodenverwundung ist auch bei der Vollsaat meist wünschenswert. Auf Kahlflächen möglichst zu vermeiden, da der Erfolg infolge der Frostempfindlichkeit der jungen Buche hier meist sehr unsicher. Eher ist der Anbau von Buchen durch Saat bei Zuhilfenahme von Getreidebeisaat oder — noch besser, aber nicht rentabel — nach Schaffung eines Schutzbestandes von Kiefer oder Lärche möglich. Des späteren Auflaufens wegen ist Frühjahrssaat auf freier Fläche der Herbstsaat vorzuziehen, bedingt allerdings gute Ueberwinterung der Bucheln.

b) Pflanzung: meist 2—3jährige Pflanzen (manchmal auch Jährlinge), welche (besonders 2jährige) zweckmäßig mit dem Beil oder der Hacke gepflanzt werden; auch wohl geringe Ballenpflanzen mit dem Hohlbohrer oder Plaggenpflanzung, wie in Dänemark (cfr. oben). Keimlingspflanzung ist in Elsaß in größerem Umfange ausgeführt worden (Vers. zu Schirmeck 1890). Anwendung stärkerer Pflanzen (bis Halbheister) für Nachbesserung, hier und da auch beim Unterbau ganzer Schläge, doch stets teuer und weniger sicher, freilich an manchen Orten (Heidelbeerüberzug etc.) nicht zu vermeiden. Einzelpflanzung ist Regel; auf trockenem, flachem und steinigem Boden hier und da Büschel. Nach der Vollmast des Jahres 1888 hat man da und dort Ballenpflanzung (mit je etwa 20 Keimpflanzen in 1 Ballen, zumal zur Nachbesserung ungenügend besamter Steil-

---

1) Vergl. u. a. v. Fischbach im Forstw. Zentralblatt von 1887, S. 137 ff.

hänge angewendet) [1]. Pflanzmaterial vielfach aus Schlägen, oft Anzucht auf besonderen Beeten unter Nadelholzschutzbestand, sowie im Forstgarten. Beim Anbau von Kahlflächen ist Pflanzung im allgemeinen erfolgreicher als Saat, besonders dann, wenn durch Beimischung einer raschwüchsigen Schutzholzart für Schutz gegen atmosphärische Einflüsse gesorgt wird. Dringend notwendig aber ist enger Verband, da sich die Buche sonst sperrwüchsig entwickelt.

2. Eiche [2]):

Je mehr allgemein die Ueberzeugung platzgreift, daß umfängliche Nachzucht der Eiche — jedoch nur auf wirklich guten Eichenböden, denen es, im Verein mit den erforderlichen klimatischen Bedingungen, nicht an mineralischer Kraft, entsprechender Gründigkeit und Frische mangelt — auch im Hinblick auf Rentabilität angezeigt ist, um so lebhafter wird die zweckmäßigste Art ihres Anbaues, bezw. ihrer Wiederverjüngung besprochen, auf Versammlungen sowohl, wie in der Literatur. Die Unterscheidung von Stiel- und Traubeneiche wird dabei mit Recht von vielen Seiten gefordert. Nach Ney, „Die Ausnützung der diesjährigen Eichel- und Buchelmast" soll auf ständig mindestens feuchten Orten die Stieleiche, auf frischen Böden der I. und II. Bonität die Stiel- und Traubeneiche, auf allen übrigen Eichenstandorten nur die Traubeneiche Verwendung finden (Aus d. Walde, 1900, 25). Der Anbau im reinen und im gemischten Bestande, namentlich die Mischung der Eiche mit der Buche, werden oft gleichzeitig erörtert und können auch kaum ganz scharf getrennt gehalten werden, da die Grenze zwischen dem reinen und gemischten Bestande (cfr. § 11, e) nicht unzweideutig gegeben ist, und namentlich beim Anbau der Eiche deren Einbringung in den Buchengrundbestand entsprechend der jeweiligen Bodenbeschaffenheit oft (Spessart, Pfalz) in derart großen Horsten erfolgt, daß nicht mehr ein gemischter Bestand, sondern eine Auflösung des Bestandes auf der Abteilungsfläche in eine Mehrzahl einzelner reiner Bestände vorliegt.

A. Betriebsart. Die Eiche ist die einzige Holzart, die alle möglichen Betriebsarten nicht nur zuläßt, sondern auch in allen mit Erfolg und in wirtschaftlich beachtenswertem Umfange behandelt wird; sie ist Holzart des Hoch-, Mittel- und Niederwaldbetriebes.

a) Im Hochwalde tritt sie sowohl rein wie in Mischung auf. Reine Bestände sind nur auf den allerbesten Böden angezeigt. Auf der großen Menge der mittleren Böden ist die Erziehung der Eiche in Mischung mit bodenschützenden Holzarten, am besten mit Buche, die einzig richtige Erziehungsform, und allen schlechten Böden soll man mit der Eiche überhaupt fern bleiben. Die Ausnützung des anhaltenden Wertzuwachses bedingt möglichste Steigerung der Stärkezunahme durch hinreichende Umlichtung, mithin Lichtungsbetrieb mit Unterbau, und hohe Umtriebe (140 bis 160 Jahre). Auch Ueberhalt in einen folgenden Umtrieb wird zur Erzielung besonders starker Stämme gewählt; doch ist dabei mit Vorsicht zu verfahren, damit nicht plötzliche Freistellung einen Rückgang des Wachstums bei den Oberständern (Wasserreiser, Zopftrocknis, zu starke Kronenausbreitung etc.) bewirkt. Gruppenweiser Ueberhalt mit Bodenschutzholz in der Gruppe verdient Beachtung.

b) Mittelwald: Die Mittelwaldeiche (Stieleiche) liefert auf kräftigem frischem Boden (besonders in den Auwaldungen der Flußniederungen) oft hervorragend wertvolle Sortimente, weshalb die Bestandespflege auch hier der Eiche besondere Sorgfalt zuwenden sollte. Die Rentabilität eines Mittelwaldes ist meist ganz wesentlich durch die Zahl der vorhandenen Eichenoberständer bedingt.

---

1) Moosmayer, Aus dem Walde 1891, 8.

2) Vergl. von Manteuffel, Die Eiche, deren Anzucht, Pflege und Abnutzung, 2. Aufl. 1874. — Martin, Folgerungen der Bodenreinertragstheorie, 4. Bd. 1898, Die Eiche im Hochwaldbetriebe. — Carl, Eichenstarkholzzucht im Hochwaldbetriebe. Allg. F.- u. J.-Z. 1895, S. 1 ff. — Schöttle, Ueber die Rentabilität der Eichenstarkholzzucht, das. 1898, 253. — Staubesand, das. 1899, 41; 1901, 230; Ztschr. f. Forst- u. Jw. 1907, 567. — Arndt, Aus der Praxis der Eichenverjüngung. Ztschr. f. Forst- u. Jw. 1899, 641. — Wimmenauer, Ertragsuntersuchungen im Eichenhochwald. Allg. F.- u. J.-Z. 1900, 2. — Ders., Erfahrungen im Lichtwuchsbetrieb zum Zwecke der Starkholzzucht. Silva 1911, Nr. 24. — Schwappach, Untersuchungen über die Zuwachsleistungen von Eichenhochwaldbeständen in Preußen. Neudamm 1905.

c) Niederwald, insbesondere Eichenschälwald, vgl. das oben (S. 80) hierüber Gesagte.

B. Verjüngung.

1. Natürliche Verjüngung

a) Durch Samen: Im Hochwald durch Benutzung des unter einzelnen Altstämmen oder in Gruppen und Horsten von solchen sich ansiedelnden Nachwuchses, sowie durch planmäßige Herbeiführung einer Naturbesamung. Diese geschieht am besten nach den Regeln des Plenterschlagbetriebes, besonders dann, wenn es sich um Verjüngung von Mischbeständen handelt. Die horstweise Verjüngung gestattet am ehesten, der Eiche den ihr meist notwendigen Altersvorsprung vor der mitwachsenden Schattenholzart zu geben. Die von selbst sich einstellende Auslichtung der mannbaren Eichenbestände macht eine auf den Bestand sich erstreckende Vorbereitung im allgemeinen nicht nötig, wohl aber kann Vorbereitung des Bodens durch Bearbeitung angezeigt sein. Eine lichte Unkrautdecke des Bodens ist der Ansamung nicht hinderlich, eher förderlich. Schwache Masten und zu lockerer Stand der Mutterbäume bedingen Nachsaat aus der Hand. Bei dichterer Samenschlagstellung baldige Lichtschläge nach erfolgter Ansamung.

b) Durch Ausschlag: Im Niederwald und Mittelwald durch Stockloden; ferner auch wohl durch Schaftloden an Schneitelbäumen.

2. Künstliche Bestandesgründung.

Sie bildet im Hochwald immerhin die Regel, weil selbst da, wo in einem zu verjüngenden Altbestande Eichen in der gewünschten Menge und Verteilung bereits vorhanden sind, die Nachzucht ausschließlich durch Samenabfall oft nicht genügend sicher erscheint (Lichtbedürfnis der jungen Pflanzen, obwohl vielfach überschätzt [1]), Abgang durch Mäuse, Vögel, Wild etc.). Die Saat wird an manchen Orten schon seit längerer Zeit, neuerdings allgemeiner, vor der Pflanzung bevorzugt. Warum sollte, wenn nur das Verzehren der Eicheln durch Tiere oder etwa Verstocken derselben im Boden und demnächst Schädigung der Pflanzen durch Unkraut hintangehalten werden können, die junge Pflanze nicht an dem Orte keimen, an welchem sie im Bestand stehen soll? Man spart die Pflanzkosten, außer den Kosten der Pflanzenerziehung, und vermeidet die immerhin mißliche Behandlung der in der Jugend schon kräftig entwickelten Pfahlwurzel.

a) Saat: als Vollsaat (Punktsaat unter Anwendung verschiedener Eichelstecker, des Eichelhammers, der Hacke, der Pookschen Doppelhacke etc.), sowie als Riefen- und Plätzesaat. Dichten Saaten wird im allgemeinen der Vorzug gegeben, damit der Neigung der Eiche, zumal der Stieleiche, sich frühzeitig breit in die Aeste auszulegen, durch engen Stand der Pflanzen, sodann auch dem Unkraut entgegengearbeitet wird. Die Saat erfolgt keineswegs immer auf der Freifläche, vielmehr wird

---

1) Vergl. Geppert, Erfahrungen über die Verjüngung der Eichenbestände (Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen v. 1887 S. 153 ff.). Daselbst wird vom ostpreuß. Revier Flatow berichtet, daß künstliche Bestandesgründung nach Kahlhieb nicht gelinge, während sich die Eiche unter dichtem Birkenvorwuchs in erfreulicher Menge natürlich ansame und lange wuchskräftig erhalte, wie dies ebenso in Kiefernstangenorten in solchem Umfange der Fall sei, daß deren Umwandlung in Eichenstände dadurch möglich werde. — Einschleppen von Eicheln in Nadelholzbestände durch Nußhäher: die daraus entstehenden jungen Eichen sind oft überaus zählebig, bilden meist zunächst ein kräftiges Wurzelsystem aus und sind infolgedessen nach der Freistellung nicht selten vollkommen entwickelungsfähig. Vergl. auch Dr. Ed. Heyer, Beitrag zum reinen und gemischten Eichenniederwald und -Hochwald etc. (Allg. F.- u. J.-Z. v. 1884, S. 207 u. 229). — Vielfach sehr gute nat. Verj. durch Samen auf Schieferböden der Rhein- und Moselgegend. — Gelegentlich der Versammlung deutscher Forstmänner zu Würzburg (1895) hat sich Fürst mehr gegen, Kienitz mehr für die natürl. Verjüngung der Eiche ausgesprochen. Die für letztere erforderliche Bodengare sollte allmählich herbeigeführt werden.

da und dort (cfr. z. B. Kraft, A. F.- u. J.-Z. 1891, 361. — Hauch, A. F.- u. J.-Z. 1900, 225. — Hils-Sollingverein 1900) der Ansaat unter lichtem Schutzbestande, zumal im Hinblick auf Frost und Unkräuter, der Vorzug gegeben. Als Spezialfall der Rillensaat kann die z. B. im Spessart manchmal (Rohrbrunn) angewendete Leitersaat gelten, bei welcher auf 40 cm breiten Streifen die Eicheln (7—8 Hektol. pro ha) in Querrillen eingelegt werden.

b) Pflanzung: meist mit Forstgartenpflanzen und zwar sowohl mit 2jährigen Saatbeetpflanzen als auch (in der Regel) 3- bis mehrjährigen verschulten Pflänzlingen (bis zum Starkheister zur Nachbesserung in Mittelwaldungen, Auspflanzung im Wildpark etc.); event. Verschulung der 1—2jährigen Pflanzen. Meist Pflanzung mit ballenlosen Pflänzlingen. Pfahlwurzel bei der Kultur oft hinderlich, dann event. Einstutzen derselben (siehe § 63). Anwendung von Stummelpflanzen (abwerfen nahe über dem Wurzelknoten) kann sich bei der Eiche unter Umständen empfehlen: sicheres Anschlagen, kräftige Triebe (doch nicht selten anfänglich mehrere gleichwertig). Anzucht guter Heister, nicht selten durch mehrfaches Verschulen, Beschneiden etc. [1]). Heisterpflanzung ist im Erfolg oft recht zweifelhaft und hat stets nur als Ausnahme zu gelten, auch wegen der großen Kosten der Pflanzenerziehung und des Pflanzgeschäftes, wobei namentlich das Anfertigen entsprechend großer Pflanzlöcher, event. Formieren von Hügeln (auf feuchtem Boden) sehr ins Gewicht fällt.

Pflanzung von 2jähr. Pflänzlingen in gut gelockerte Riefen fördert rasch und ist demgemäß billig, auch genügend sicher, wird aber (siehe oben) durch Saat vielfach ersetzt. Empfohlen wird jene Pflanzung z. B. von Mortzfeld (Zeitschr. f. F. u. J. 1896, 2) auf seinen kleinen (ca. 10 Ar großen) Löchern im Buchengrundbestand. Das von manchen Wirtschaftern (cfr. z. B. Reiß, A. F.- u. J.-Z. 1896, 309) unternommene Einbringen der Eiche auf kahl gehauene Kulissen ist meist zugunsten des horstweisen Anbaues oder der Einzelmischung wieder aufgegeben worden. Verwilderung der Eichen an den Kulissenrändern, sowie örtlich massenhaftes Auftreten der Maikäfer wurden dabei besonders beklagt. Je nach Umständen streifenweises Einbringen der Eichen auf Pflugfurchen.

c) Spezialfall des Waldfeldbaues, wobei die Eiche (mittelst Saat oder Pflanzung) auf gerodetem Lande nach Kahlabtrieb nachgezogen wird.

In Frostlagen bedarf die Eiche vielfach des Schutzes (mindestens seitlich) durch eine frostharte Holzart (Kiefer, Birke, etc.), welcher durch lichten Vorbau oder Zwischenbau zu gewähren ist. — Wiederholt sei betont, daß nur frische, kräftige Böden dauernd der Eichenzucht gewidmet werden sollten. Man darf die Eiche, so schätzbar sie als Nutzholzart ist, doch einem zu geringen Standort nicht aufzwingen wollen; sonst sind wirtschaftliche Verluste unvermeidlich!

3. Hornbaum (Hainbuche).

A. Betriebsart: Zumeist Holzart des Hoch- und Mittelwaldes, weiterhin Bestandteil des Nieder(Busch-)waldes. Im Hochwald meist nicht rein, sondern Mischholz in Laubholz-, weniger in Nadelholzorten. Im Mittelwald brauchbares, gut ausschlagfähiges Unterholz; auch im Oberstand (jedoch nicht zu reichlich) zuzulassen. Gelegentlich auch Kopfholzbaum auf Viehweiden.

B. Verjüngung. Natürliche Verjüngung infolge von frühzeitigem, öfterem und reichlichem Samentragen ohne Schwierigkeit, ebenso Verjüngung durch Stockausschlag infolge großer Ausschlagfähigkeit leicht. Künstlicher Anbau nur in besonderen Fällen, namentlich dann, wenn es sich um Schaffung von

1) Vergl. Schwappach, Zur Frage der Erziehung von Eichenheistern (Zeitschr. f. Forst- u. Jw. 1887, S. 2 ff.). Nach den daselbst mitgeteilten Versuchen der Hauptstation für Versuchswesen in Preußen hat 2malige Verschulung (zwischen dem ersten und zweiten Umsetzen nur 2 Jahre) mit möglichst wenig Eingriffen in den natürlichen Entwickelungsgang die besten Ergebnisse geliefert, sowohl in Absicht auf das Pflanzenmaterial als auf die Kosten.

Unterholz, z. B. in Eichen- oder Kiefernbeständen handelt. Schattenerträgnis und Frosthärte machen den Hornbaum insbesondere für Unterbauzwecke in feuchteren, kälteren Lagen, wo die Buche gefährdet ist, geeignet. Dann entweder Saat oder besser Pflanzung mit 2—3jähr. Schlag- oder Saatschulpflanzen. Bei Erziehung von solchen im Saatbeet ist Ueberliegen des Samens zu beachten. Um gleichmäßiges Auflaufen der Saat herbeizuführen, ist der Samen erst nach 1jährigem Einschlagen in flachen Gräben auszusäen.

4. Esche.

A. Betriebsart. Im Hochwald und als Oberholz im Mittelwald, in beiden Fällen sehr geschätzt als Nutzholz; auch wohl Schneitelbaum zur Futterlaubgewinnung (Alpen). Im Hochwald meist nicht oder nur auf kleinen Flächen in reinen Beständen; gewöhnlich einzeln oder gruppen- und truppweise eingemischt in Laubholz- (Buchen-, Erlen-) Bestände.

B. Verjüngung. Natürliche Verjüngung auf kräftigem, frischem Boden unschwer. Eschenanflug stellt sich hier auch unter dichtem Kronendach nicht selten äußerst reichlich ein, muß aber infolge wachsenden Lichtbedürfnisses vom 10.—20. Jahre an licht gestellt werden. Vorwiegend künstlicher Anbau, ausnahmsweise durch Saat, gewöhnlich durch die infolge reichlicher Bewurzelung sehr sichere Pflanzung, zu welcher ballenlose, vorzugsweise verschulte Pflänzlinge (1—3jährig verschult, meist 2jähriges Belassen im Pflanzbeet), seltener Schlagpflanzen benutzt werden. Zur Ergänzung des Oberholzes im Mittelwald, soweit daselbst nicht Stockausschläge benutzt werden, ferner zum Einsprengen in bereits herangewachsene Buchenhegen oder auf sehr unkrautreiche Orte oft stärkere Pflanzen (event. nochmals verschulte Heister). Im Saatkamp Behandlung des Eschensamens infolge Ueberliegens wie bei Hornbaum. Zeitige Aussaat des eingeschlagenen Samens im Frühjahr nötig, weil er zeitig keimt. Schutz der aufgelaufenen Saat gegen Frost sehr notwendig. Verschulung bisweilen schon mit Keimlingen (Krautpflanzen) nach Erscheinen des ersten Blattpaares mit Erfolg vorgenommen. Im Heisterbeete Zwieselbildungen durch Entfernung des schwächeren Triebes korrigieren bezw. durch Ausbrechen einer Seitenknospe bei beschädigter (erfrorener) Gipfelknospe vorbeugen.

5. Ahorn.

A. Betriebsart: Spitz- und Bergahorn sind Holzarten des Hoch- und Mittelwaldes, Feldahorn hauptsächlich Holzart des Auen-Niederwaldes. Die ersteren im Hochwald selten rein, meist Mischhölzer in Laubholz-, namentlich Buchenbeständen.

B. Verjüngung. Im allgemeinen wie bei Esche. Natürliche Verjüngung ohne Schwierigkeit, da Samenjahre oft und reichlich. Auf minder frischem und ärmerem Boden baldige Nachlichtungen vom Jungwuchs gefordert. Künstliche Verjüngung durch Saat, häufiger durch Pflanzung mit 2jährigen und älteren Loden oder Heistern Regel. Platz- und streifenweise Saat hin und wieder in Buchenschlägen zur Zeit der Samenschlagstellung oder schon einige Zeit vorher im Stadium des Vorbereitungshiebes. Im Auslichtungsstadium der Buchenverjüngungen Ausfüllung von Lücken durch Loden- oder Heisterpflanzung, ebenso Pflanzung im Mittelwald.

6. Ulme.

A. Betriebsart: wie bei Ahorn; Mischholz in Buchenbeständen (Bergulme), Oberholz im Mittelwald (Feldulme). Hier und im Niederwald auch kräftiges Ausschlagholz.

B. Verjüngung. Natürliche Verjüngung infolge Empfindlichkeit des

Keimlings gegen Graswuchs selten, meist künstlich durch Pflanzung mit verschieden starken Forstgartenpflanzen (je nach den Umständen von der 1jährigen Lode bis zum Starkheister). Aussaat des Samens im Saatbeet im Sommer. Samen verträgt nur ganz schwache Deckung durch Uebersieben oder Vermengen mit oberster Erdschicht.

7. Erle.

A. Betriebsart: im Hochwald auf nassen Böden, dann oft rein, sonst Mischholz mit Esche, Ulme, Pappelarten; ferner im Niederwald (Erlen-Brücher in Niederungen, hier meist Schwarzerle in 30—40jähr. Umtrieb; im Gebirge zur Aufforstung hängiger Partien, in Thüringen zur Aufforstung verödeter Muschelkalkhänge Weißerle); vereinzelt im Mittelwald.

B. Verjüngung. Im Hochwald natürliche Verjüngung durch Samen wegen Gras- und Unkrautwuchs des Standortes meist ausgeschlossen, hier vorwiegend Kunstverjüngung durch Pflanzung mit 3—5jährigen verschulten Pflanzen. Auch bei Anlage von Ausschlagwaldungen ist Pflanzung in vielen Fällen nicht zu umgehen (vgl. S. 82), event. Verwendung von Stummelpflanzen. Auch bei der Aufforstung von Wildbachgebieten mit der bodenbessernden und -bindenden Weißerle ist Pflanzung mit 2- und 3jähr. Pflanzen, hin und wieder auch unter erfolgreicher Verwendung von gestummelten Pflanzen Regel. Weißerle hat sich als Vorbauholzart bei der Aufforstung verödeter Böden, auch als Unterbauholzart in verlichteten, verhagerten Beständen als sehr brauchbar erwiesen.

8. Linde: Hoch- und Mittelwald. Im deutschen Walde, obwohl wegen ihrer Nutzholzqualität für manche technische Zwecke sehr beachtenswert, doch nicht häufig Gegenstand ausgedehnteren Anbaues, dann fast durchgängig Pflanzung, obwohl Naturverjüngung durch Samen infolge beträchtlichen Schadenerträgnisses erfolgreich. Brauchbares Ausschlagholz im Mittel- und Niederwald.

9. Birke.

A. Betriebsart: Hochwald- und Mittelwaldholzart, auch im Ausschlagwalde. Reine Bestände im Hochwalde waldbaulich unzulässig, da schnelle Bodenvermagerung eintritt. In den nördlichen Ländern, wo reine Bestände häufiger vorkommen, ist Rückgang der Bodenkraft weniger auffällig als bei uns. Im heimischen Waldgebiet ist Birke nur als Mischholzart und dann noch mit Vorsicht zu verwenden. Gruppenweises Vorkommen führt leicht zu frühzeitiger Bestandesdurchlichtung, deshalb ist Beschränkung auf Einzelmischung angezeigt. In Nadelholzbeständen macht sich Birke vielfach durch Peitschen und Bereiben der Nadelholztriebe unangenehm bemerkbar und führt infolge frühzeitiger Hiebsreife zu störender Lückenbildung. Die Birke ist in den meisten Waldgebieten Deutschlands nicht eigentlich mitbestimmend für den Betrieb, sondern nur von sekundärer Bedeutung. Besondere Bedeutung hat sie auf ärmerem Sandboden, wo sie namentlich zur Einfassung der Wege und Schneisen, sowie zur Bildung von Feuermänteln am Platze ist.

B. Verjüngung. Meist reichlicher Anflug, sobald nur einige Samenbäume vorhanden; auch Stockausschläge. Künstlicher Anbau durch Saat (z. B. Vollsaat zur Erziehung eines Schutzbestandes; Behandlung des Bodens nach der Saat mit der Strauchegge) oder durch Pflanzung (meist Schlagpflanzen) am besten zeitig im Frühjahr.

Hier mag besonders darauf hingewiesen werden, daß die beiden Birkenarten, Betula verrucosa und B. pubescens, in ihrem waldbaulichen Verhalten sehr verschieden sind. B. pubescens ist dichter in der Krone, viel mehr eine Holzart feuchter Böden, findet sich z. B. in reinen Beständen auf der Grenze der Brücher (Versuchsflächen in Ostpreußen), mit Erträgen bis zu 300 Fm. im 70. Jahre.

10. Robinie. Waldbaulich meist nur als Ausschlagholz von Belang, an Böschungen zur Befestigung, doch auch auf herabgekommenen Böden als eigentlicher Bestand, z. B. in Mischung (horstweise) mit der Edelkastanie [1]) usw. (vgl. S. 81). Das Holz wird als Grubenholz verwandt. Auch als Stickstoffsammler ist die Robinie zu empfehlen, daher für Zwischenbau zur Bodenverbesserung vorzüglich geeignet. Die Massen- und Gelderträge des Robinienniederwaldes sind sehr hoch (bis 12 Fm. für 1 Jahr und Hektar und Preise bis 25, selbst 30 Mark für 1 Fm. Nutzholz).

11. Edelkastanie [2]). In Deutschland wegen der klimatischen Bedingungen, welche sie für ihr Gedeihen fordert, zumal wegen ihres Wärmebedürfnisses, nur in beschränktem Umfange (Pfalz, Elsaß etc.) als Waldbaum verbreitet. Besonders geschätzt als Holzart des Niederwalds (Gewinnung von Rebpfählen): Stockausschläge reichlich und kräftig (vgl. S. 81). Begründung neuer Bestände meist durch Pflanzung mit 1—3jährigen (in der Mehrzahl der Fälle 2jährigen) Loden, Anzucht der nötigen Pflanzen (pro ha 6000—8000 Stück erforderlich) in rigolten Saatbeeten (Spitze der Frucht beim Einlegen nach unten!). Kosten der Erziehung pro 1000 2jähriger Pflanzen ca. 12 Mark. Pflanzung im Frühjahr mit der Hacke oder einem Klemmeisen (spatenartig abgeändertes Buttlar'sches Eisen); Pflanzen teils unbeschnitten, teils (besser) nach Einstutzen der Seitenäste oder als Stummelpflanzen. Jährliches Reinigen und Behacken der Kultur. Bodenpflege durch Grabenziehen („Belebungsgräben"). — Saat hier und da als Vollsaat (bezw. Punktsaat, wie bei der Eiche) mit 3 Hektoliter Kastanien pro ha (30 000 Stück) oder Rillen- oder Plätzesaat. Gefahr durch Wildschweine.

12. Pappel. Meist im Hochwald, doch für die Betriebsart nicht entscheidend. Aspe ist infolge ihrer Verwendung zur Fabrikation der schwedischen Streichhölzer sehr gesucht und an manchen Orten gut bezahlt, so daß ihr Anbau vielfach angezeigt erscheint.

Für den Anbau kommen weiterhin besonders Schwarzpappel und kanadische Pappel in Betracht. Letztere ist wertvoller. Die Pflanzung erfolgt vielfach durch Setzstangen, welche aus Stockausschlägen zu gewinnen, wohl auch in der Pflanzschule zu verschulen sind. Bei der Aspe verpflanzt man meist Wurzelbrut. Doch wird auch künstl. Samenverjüngung empfohlen (Paul in Deutsche Forst-Zeitg. 1899, S. 195), desgleichen Erziehung von verschulten Aspenpflänzlingen (Forstrat Hofmann in Forstw. Zbl. 1902, S. 360).

13. Weiden [3]). Im Kopfholzbetrieb (Flußniederungen), sowie im Niederwald (Weidenheger), oft mit nur 1jährigem Umtrieb (feinste Flechtruten). Sorgfältige Bodenpflege, Sicherung gegen Unkraut. Wenn nach ca. 15—18 Jahren eine Anlage im Ertrag zurückgeht, so liegt dies weniger an Bodenerschöpfung, als an der in jeder Nutzung zu erblickenden andauernden Mißhandlung (trotz rationellsten Schnittes) der Stöcke. Sehr hohe Reinerträge. Frische Böden durchschnittlich am besten,

1) Vergl. Kaysing, Der Kastanienniederwald S. 31 ff., ferner Eberts, „Der Akazienniederwald" (Allg. F.- u. J.-Z. 1900, S. 75), m. s. auch Verhandlungen der 23. Versammlung des Elsaß-Lothringischen Forstvereins.

2) Vergl. Kaysing, Der Kastanienniederwald, 1884. — Aufsätze in der Allg. F.- u. J.-Z. 1879, S. 206; 1883, S. 37 (Osterheld — Pfalz); 1883, S. 241 (Rebmann — Elsaß). — Engler, „Die Edelkastanie in der Zentralschweiz". — Merz, schweiz. Forstver. 1895 und v. Seutter, Schweiz. Zeitschr. 1895, 201. — Osterheld, A. F.- u. J.-Z. 1895, 22 „Edelkastanie am pfälzischen Vorgebirge".

3) Vergl. Schulze, Die Kultur der Korbweide, 1874. — Schmid, Die Anpflanzung und Kultur der Korb- und Bandweiden, 1883. — Krahe, Lehrbuch der rationellen Korbweidenkultur, 5. Aufl. 1897. — Zschimmer, Anbau der Korbweide. Thar. Jahrb. 1888, S. 23. — Aumann, Weidenhegerbetrieb in Flußniederungen. Zeitschr. f. F. u. J. 1894, 712. — Korbweidenkultur längs der österr. Eisenbahnen. Oesterr. Forst- u. J.-Ztg. 1894, 66. — Piccioli, La coltura dei salici, 1896. — Dekert, Ueber Weidenzucht. Münd. Forstl. Hefte 9. (1896). S. 15. — Danckelmann, Zeitschr. f. F. u. J. 1898, S. 652.

keineswegs nasse. Einzelne Weiden (z. B. Salix caspica) auch sehr gut auf trockenerem, wenn nur einigermaßen mineralisch kräftigem Sand. Vgl. das oben (S. 82) über Weidenniederwälder Gesagte.

Die als ein Hauptteil des sog. Weichholzes in den Schlägen auftretenden Weiden, bes. S. caprea, cinerea, aurita erscheinen meist als Ausschläge und durch Samenanflug.

14. Prunus-, Pirus-, Sorbus-Arten. Eingesprengt im Hochwaldbestand, an Wegrändern (hier bes. Sorbus aucuparia), auch als Oberholz im Mittelwald. Großenteils als gute Nutzhölzer zu begünstigen, besonders bei den Durchforstungen zu berücksichtigen; doch waldbaulich ohne große Bedeutung, weil die Nachfrage immerhin eine beschränkte ist; besonders begehrt ist die Elsbeere (S. torminalis).

15. Unterhölzer im Mittelwald. Als solche mögen insbesondere für viele Auewaldungen Viburnum, Lonicera, Cornus, Prunus, Crataegus u. a. m. neben den bereits aufgeführten Mittelholzarten hier erwähnt sein, weil sie oft sehr gut verwertbare Kleinnutzhölzer liefern. Abtrieb derselben oft alle 5—8 Jahre. Besondere Pflege findet meist nicht statt.

II. Nadelhölzer.

§ 69. 1. Tanne[1].

A. Betriebsart. Die Tanne ist, wie alle Nadelhölzer, ein Baum des Hochwaldes. Höchstens im Mittelwald findet sie sich hier und da in ganz beschränktem Maße durch Pflanzung einzeln oder in Gruppen dem Oberholze beigesellt. Im Hochwald wird sie im Femelbetrieb, Femelschlag- und Schirmschlagbetrieb und den Zwischenformen dieser Betriebe behandelt, während sie den Kahlschlag als Betriebsform wegen ihres Schattenbedürfnisses in der Jugend allgemein nicht zuläßt. Wo Tannenkahlschläge gleichwohl geführt werden, sind sie Notbehelfe infolge von Betriebsstörungen, vorübergehende Maßregeln, nicht aber Wirtschaftsprinzip. Wie schon früher hervorgehoben wurde (z. B. § 27), führen gewisse Eigentümlichkeiten der Tannenwirtschaft (reichliche Ansamung unter noch geschlossenem Kronendach, Zählebigkeit, Bildung von Vorwüchsen, Aushieb von Krebstannen etc.) naturgemäß zu ungleichartigen, mehr femelartigen Beständen im Gegensatz zum durchweg gleichmäßig gestellten Schirmschlag. Die Umtriebszeit ist meist auf 100—120 Jahre festgesetzt. Haubarkeits-Durchschnittszuwachs auf mittlerem Standort 7—9 Festmeter; die durchschnittliche Höhe solcher Bestände beträgt in jenem Alter 25—30 Meter. Die Durchmesser sind, je nach der Art der Wirtschaftsführung, überaus wechselnd. Besondere Starkhölzer, Stämme von 50 und mehr cm Mittenstärke, werden auch da, wo frühzeitig Lichtungszuwachs angestrebt wird, meist erst in längerer Zeit (mit 140—160 Jahren) produziert. Die femelartigen Betriebsformen bieten aber die beste Gelegenheit, Stämme zu diesem Zweck länger im Bestande zu belassen; im regelmäßigen Schirmschlag müßte man die Umtriebszeit entsprechend erhöhen oder zu

1) Vergl. u. a. Gerwig, Die Weißtanne im Schwarzwalde, 1868; Referate und Debatten bei der deutschen Forstversammlung zu Wildbad 1880 (Die Referate finden sich in der Allg. F.- u. J.-Z. von 1880: Schuberg S. 304, Probst S. 311), ferner Verhandlungen des badischen Forstvereins zu Wolfach 1884. — Magenau, „Tannenverjüngung auf dem Jura". Allg. F.- u. J.-Z. v. 1887, S. 312 ff — Martin, Folgerungen . . . , 2. Bd. 1895, Die Weißtanne. — Wirtschaftsregeln für Elsaß-Lothringen, 1892. — Carl, Allg. F.- u. J.-Z. 1893, 163, 204. — Mencke, Allg. F.- u. J.-Z. 1897, 287. — Baudisch, Zbl. f. d. ges. Forstw. 1897, 101. — Weinkauff, Die Tanne auf d. Buntsandstein des Pfälzer Waldes. Allg. F.- u. J.-Z. 1897, 321, 345. — Schaal, Die Weißtanne in Sachsen. Allg. F.- u. J.-Z. 1898, 200. — Kautzsch, Allg. F.- u. J.-Z. 1892, 145, 279; 1893, 350; 1898, 220. — Ders., Beiträge zur Frage der Weißtannenwirtschaft 1895. — Gretsch, Forstw. Zentralbl. 1898, 455. —

einer ausgesprochenen Ueberhaltform übergehen. In welchem Umfange die Anzucht solcher besonders starken Hölzer rätlich erscheint, ist Sache lokaler Erwägung, unter dem Gesichtspunkt der Rentabilität, deren Bemessung sich auf den Holzmarkt, bezw. die Holzpreise stützt.

Die Tanne kommt in ausgedehnten reinen Beständen, sowie in verschiedenen, zum Teil hervorragend wertvollen Mischungen vor, worüber im 1. Abschn. S. 12 das Nötige bemerkt ist.

B. Verjüngung. Wenn irgend eine Holzart, so ist die Tanne vermöge ihrer Eigenschaften zur natürlichen Verjüngung durch Samenabfall bestimmt. Künstliche Bestandesbegründung ist — abgesehen von den (neuerdings zahlreicher auftretenden) Fällen, in welchen die Neuanlage von Tannenbeständen erfolgen soll — Ausnahme und findet meist nur da statt, wo wirtschaftliche Mißstände (Ueberalthölzer, Sturmlücken etc.) eine natürliche Verjüngung überhaupt nicht mehr oder nicht mit der nötigen Sicherheit erhoffen lassen.

1. Natürliche Verjüngung:

Namentlich in den letzten 20 Jahren ist die Naturverjüngung der Tanne Gegenstand eingehender Erörterung gewesen. Sie erfolgt im Femelbetrieb, Schirmschlagbetrieb, Saumschlagbetrieb und im Femelschlagbetrieb. In allen diesen Fällen kommt die Zählebigkeit der Tanne, sowie ihre langsame Jugendentwicklung in Betracht. Eine Folge ihres großen Schattenerträgnisses ist, daß sich Besamung meist ohne besonderen Vorbereitungshieb und Samenschlag oft schon im 70—80jährigen Bestandesalter reichlich einstellt, mindestens auf denjenigen Stellen und in deren Umgebung, welche durch Auszug von Krebstannen, eingesprengten Mischhölzern usw. etwas (wenn auch nur mäßig) gelichtet sind. Werden solche Aushiebe schadhafter oder sonst unerwünschter Bäume in gesteigertem Maße nötig, tritt vielleicht Windwurf hinzu, so entstehen Löcher im Bestande, auf welchen der Jungwuchs bald in die Höhe geht; deren allmähliche Erweiterung führt nach und nach zur Verjüngung des ganzen Bestandes.

Wo sich dieser die Regel bildende Vorgang nicht (gewissermaßen ganz von selbst) abspielt, hat man es in der Hand, die Verjüngung in längerem oder kürzerem Zeitraum mittelst gleichförmiger Schlagstellung durch den ganzen Bestand hin (regelmäßige Vorbereitungshiebe mit gleichmäßiger, allmählicher Durchlichtung etc. — Schirmschlag Gayers) oder derart durchzuführen, daß man die einzelnen Bestandespartien nacheinander verjüngt, bezw. sich jene Löcher durch gruppen- und horstweise Eingriffe künstlich schafft (horst- und gruppenweise Verjüngung Gayers — vergl. auch: dritter Abschnitt, § 40—43). Gleichmäßige Schirmschlagstellung auf schmalen Streifen verbürgt den Erfolg event. ebenso sicher wie Löcherhiebe und verdient unter Umständen wegen größerer Uebersichtlichkeit im Fortgange der Verjüngung den Vorzug.

Hinsichtlich des Verjüngungszeitraumes wird die Erwägung maßgebend, ob man im konkreten Falle auf raschere Erstarkung des Jungwuchses oder auf längeres Andauern des Lichtungszuwachses an den Mutterbäumen den größeren Wert legt. Ueber die etwaige Benutzung des Vorwuchses siehe § 73. Erstreckt sich die vollständige Verjüngung eines Bestandes, d. h. die Ersetzung sämtlicher heute im Bestande vorhandener Individuen durch neue, auf die ganze Umtriebszeit, so kommt man zum eigentlichen Femelbetrieb.

Im wesentlichen ist es für die Art der nat. Tannenverjüngung zunächst entscheidend, ob man grundsätzlich möglichst ein Mastjahr zur Erzielung des Jungbestandes benutzen will (Schirmschlag) und demgemäß mit gleichmäßiger Schirmstellung über die ganze Fläche hin vorgeht, oder ob der allmählichen, partienweisen Verjüngung (Femelschlagbetrieb, Gruppen-

und Horstwirtschaft, Benutzung mehrerer Samenjahre) der Vorzug gegeben werden soll. Martin stellt beide Methoden an Wert gleich. Genügende Samenjahre hat man fast überall in 3- bis 5jährigen Zwischenräumen. Beides läßt sich machen; aber tatsächlich kommt man ganz von selbst bei der Tanne fast immer zu einer mehr oder minder scharf ausgeprägten Gruppenwirtschaft, weil sich, wie oben angeführt wurde, Anflug in der Regel schon in Beständen einstellt, welche noch nicht planmäßig zur Verjüngung stehen, und dieser Anflug sich wenigstens teilweise bis zur Zeit der planmäßigen Verjüngung wuchskräftig erhält, bezw. schon zu gut entwickelten Vorwüchsen ausbildet. Nach den allerdings nur auf das Murgtal sich erstreckenden Untersuchungen Stolls[1]) scheint es jedoch nicht gleichgültig zu sein, ob Schirm -oder Plenterschlagverjüngung gewählt wird, zum mindesten scheint die Höhenlage des jeweiligen Verjüngungsbestandes für den Erfolg der einen oder der anderen Betriebsform mit entscheidend zu sein. Im nördlichen Schwarzwald ist nach Stoll Schirmschlagverjüngung nur bis 400 m Meereshöhe, im südlichen Schwarzwalde bis 500 m angezeigt. Die höheren Lagen erfordern, wenn sonst die Keimbettverhältnisse nicht derartig ungünstig werden sollen, daß die Verjüngung versagt, Plenterschlagverjüngung. Der mit der Schirmschlagverjüngung zusammenhängende dichtere Bestandsschluß verhindert in den höheren Lagen eine hinreichende Erwärmung des Bodens, was Trockentorfbildung und damit Versauerung und Verdichtung des Keimbettes zur Folge hat. In diesen Lagen vermag nur starke Schlußunterbrechung und Staffelung des Bestandes, d. h. Anwendung des Femelschlag- oder des Femelbetriebes die zur normalen Streuzersetzung notwendige Wärmesumme dem Boden zuzuführen. Für die höheren Lagen des Schwarzwaldes wird von Stoll daher die Femelschlagform mit langer Verjüngungsdauer und Uebergängen zum Femelwalde empfohlen. Mit der Entscheidung für Schirmschlag- oder für Femelschlagbetrieb entscheidet sich in der Hauptsache auch die wichtige Frage, ob man die Verjüngung im ganzen rascher oder langsamer durchführen und demgemäß nur kleinere oder größere Altersunterschiede im Jungbestande haben will. Da die Bedingungen, unter denen die Tannenwirtschaft geführt wird, örtlich keineswegs die gleichen sind (z. B. in Baden auf der Westseite, in Württemberg auf der Ostseite, d. h. im Regenschatten des Schwarzwaldes, — Seenähe in Oldenburg), so erklären sich die teilweis weit auseinander gehenden Forderungen, die in bezug auf die Länge des Verjüngungszeitraumes erhoben werden. Die schirmschlagartige Verjüngung führt zu einer verhältnismäßig raschen Verjüngung in 20- bis 30jähr. Zeiträumen, während die femelschlagartige Wirtschaft zu 40- bis 60jähr. Verjüngungszeiträumen hinneigt. Es ist selbstverständlich, daß die Verjüngungszeiträume um so länger werden, je mehr die Femelschlagform zum reinen Femelbetrieb übergeht.

2. Künstlicher Anbau:

Am besten unter Schutzbestand wegen der Empfindlichkeit der Tanne gegen Frost, Hitze und Unkraut. Doch in Notfällen auch im Freien, dann aber fast ausschließlich mittelst Pflanzung; genügender Erfolg hauptsächlich bei großer Luftfeuchtigkeit.

a) Saat:

Sie kommt gelegentlich (Elsaß-Lothringen) in abständigen Orten unter dem Schirm des gelichteten Altbestands, dann aber hauptsächlich bei Umwandlung anderer Holzarten in Tanne und beim Unterbau in Anwendung, in Ausnützung guter Samenjahre. Meist als Riefen- oder Plätzesaat; Aussaat am besten noch im Herbst. Dabei erfolgt allgemein, ganz besonders aber bei Anlegung horizontaler Riefen an Hängen, mit Vorteil die Aussaat des Samens auf den am Riefenrande angehäuften Aufwurf, damit die Keimpflanzen nicht, wenn in der vertieften Riefensohle stehend, von Wasser zugeflößt und von Laub etc. überlagert werden; überdies besonders kräftige Wurzelbildung auf dem Riefenrande. Der Aufwurf befindet sich am Hange am unteren Riefenrande.

b) Pflanzung:

Beim Unterbau meist 4—6jährige, einmal verschulte Pflanzen. Material für die Verschulung liefern die Riefen- und Plätzesaaten, sowie die natürlichen Besamungen; andernfalls Anlegung besonderer Saatbeete. Wird in kontinuierlichem Zuge die Umwandlung auf größeren Flächen durchgeführt, so findet man vielfach Saat und Pflanzung (je nach dem Ausfall der Samenernte, der verfügbaren Pflanzenmenge etc.) in verschiedentlich variierter Kombination. Dabei verdient der Altersvorsprung der

1) Stoll, Das Versagen der Weißtannenverjüngung im mittleren Murgtale. Naturwiss. Ztschr. f. Land- und Forstwirtschaft 1909, S. 279, 297, 345.

Pflanzung Beachtung. Verwendung meist ballenloser Pflänzlinge unter Benutzung der Hacke. — Zur Pflanzung auf Kahlflächen werden (besonders wegen Unkräuterwuchs manchmal stärkere, zweimal verschulte Pflanzen verwendet (teuer!).

Gefährdung der Tannenkulturen durch Wildverbiß.

2. Fichte.

A. Betriebsart. Ebenfalls zunächst Hochwald-Holzart, jedoch im Oberholz des Mittelwaldes nicht ausgeschlossen. Von der Tanne hinsichtlich der für die Wahl der Betriebsart hauptsächlich in Frage kommenden Momente besonders durch das abweichende Verhalten in der Jugend unterschieden: raschere Entwickelung in den ersten Jahren, dabei größeres Lichtbedürfnis und dementsprechend geringere Ausdauer im Schirmdruck, wesentlich geringere Gefährdung durch Frost und Hitze, wodurch die Möglichkeit des Anbaues auf der Kahlfläche bedingt ist. Dazu kommt andererseits größere Gefährdung durch Sturm und durch Schneebruch. Man findet die Fichte in allen Hochwaldbetriebsformen, von der extremen Kahlschlagwirtschaft bis zum eigentlichen Femelwald. Für den in früheren Abschnitten mehrfach berührten Kampf pro und contra Kahlschlag, bezw. Femelbetrieb, Femelschlag, Schirmschlag oder Saumschlag bildet die Fichte das hauptsächlichste Objekt. Man muß einräumen, daß der Kahlschlagbetrieb an vielen Orten und in weitestem Umfange sehr gute Erfolge aufzuweisen hat, so daß man ihm gegenüber kaum behaupten kann, mit natürlicher Verjüngung würde man unter den gegebenen Verhältnissen noch weiter gekommen sein. Andererseits wäre es eine Uebertreibung, wollte man im Kahlschlag mit nachfolgender künstlicher Bestandesbegründung allgemein und ohne Einschränkung die beste Fichtenwirtschaft erblicken. Die Sicherung gegen Stürme läßt sich zwar durch eine sorgsame Hiebsführung im Kahlschlagbetrieb vielleicht am vollständigsten erreichen, aber die Belastung der Bestände durch den Kulturaufwand, welchen der Kahlschlag erfordert, ist, in Verbindung mit dem oft befürchteten nachteiligen Einfluß der Bodenentblößung, genügende Veranlassung, der natürlichen Verjüngung der Fichtenbestände für die geeigneten Verhältnisse ihr Recht zu wahren. Will man sie anwenden, so sind Femelschlagbetrieb sowie Saumschlagverjüngungen in erster Linie zu wählen, soweit es sich überhaupt noch um einen Wirtschaftswald handelt. Die eigentliche Femelform paßt für die Fichte weit weniger als für die Tanne. Gegen den Schirmschlagbetrieb spricht die Gefahr des Windbruchs, die natürlich auch bei der horstweisen Verjüngung ebensowenig ausgeschlossen ist wie beim Saumschlagbetrieb. Schon oben (S. 48) wurde darauf hingewiesen, daß die von Wagner auch für die Fichte warm empfohlene Saumschlagverjüngung von Norden herein gerade in der Sturmgefährdung eine ihrer schwachen Seiten hat. In schutzbedürftigen Hochlagen ist der Kahlschlag oft ganz ausgeschlossen. Ueberhaupt hängt die Entscheidung zwischen den im allgemeinen möglichen Betriebsformen ganz wesentlich von der Oertlichkeit ab. Frische Böden sind meist der natürlichen Besamung günstig. Hinreichende Auslichtung der Bestände vorausgesetzt, stellt sich Besamung auf solchen Böden leicht ein und hält sich bei wenig künstlicher Nachhilfe so gut, daß die natürliche Verjüngung ohne besondere Besamungsschläge gelingt. Die Nachteile, welche dem Kahlschlagbetrieb anhaften können, werden durch sofortigen Anbau mittelst Pflanzung unter Anwendung besten Pflanzmaterials auf ein Minimum reduziert. Umtriebszeit 80—120 Jahre, Ertragsverhältnisse ähnlich wie bei der Tanne; doch sind schwächere Sortimente der Fichte weit besser verwertbar (Hopfenstangen, Papierholz, geringe Baustämme), weshalb auch niedrigere Umtriebszeiten örtlich noch sehr wohl zulässig sein können. Ueberdies beeinflußt dieser Umstand nicht selten den Durchforstungsbetrieb. Die Bedeutung der Fichte als Mischholzart ist früher erörtert.

B. Verjüngung.

Wie schon aus dem Vorstehenden hervorgeht, treten bei der Fichte alle für ein Nadelholz überhaupt in Frage kommenden Verjüngungsmöglichkeiten in lebhafte Konkurrenz, hauptsächlich deshalb, weil hier die Freilandskultur in den meisten Fällen ebenso möglich ist, wie die Verjüngung unter einem Oberstand. Es handelt sich vielfach nur um „gut" und „besser". Neben gewissen allgemeinen Grundsätzen sind vorzugsweise bei der Fichte örtliche Erwägungen von Fall zu Fall entscheidend, und es ist begreiflich, daß gerade über ihren Anbau von jeher lebhaftester Meinungsaustausch stattgefunden hat.

1. Natürliche Verjüngung.

Die neuerdings wieder mehr als seither geltend gemachten Gründe zu gunsten der natürlichen Verjüngung sind in der Hauptsache die allgemein gegen den Kahlhieb sprechenden und betreffen vornehmlich den Bodenzustand [1]). Eigentlicher Femelbetrieb, abgesehen von höheren Gebirgslagen, selten; Schirmschlagbetrieb oder Femelschlagbetrieb ist Regel, letzterer, wenn die ausgesprochene Absicht vorliegt, einen ungleichförmigen Bestand nachzuziehen. Im ganzen muß die Verjüngung in rascherem Tempo geführt werden wie bei der Tanne. Der junge Aufwuchs der Fichte verlangt baldigst einen bedeutenderen Lichtgenuß (Modifikationen je nach Oertlichkeit), mithin meist stärkere Eingriffe schon in Gestalt von Vorbereitungshieben und demnächst auch rascheres Nachhauen. — Verjüngung durch Randbesamung, wenn je, so am ersten bei der Fichte noch zulässig (siehe § 38).

So sehr von vielen Seiten die natürliche Verjüngung empfohlen wird, so entschieden darf man sich andererseits darauf berufen, daß durch künstlichen Anbau in großer Ausdehnung tadellose Bestände erzielt worden sind. Zumal dort, wo im Gegensatz zu großen zusammenhängenden Kahlhieben, mit Schmalschlägen operiert wird, die nicht alljährlich, sondern erst nach mehrjährigen Zwischenräumen aneinandergereiht werden, bedarf es der natürlichen Verjüngung nicht. Ob letztere in allen Fällen das Ziel billiger (event. kostenlos) erreichen läßt, ist im Hinblick auf das oft überraschend gute Wachstum künstlicher Kulturen mindestens fraglich. Ueberdies wird der Besamung von nicht wenigen Wirtschaftern die wünschenswerte Sicherheit abgesprochen: die Fichte sei launisch in bezug auf die Besamung. — Ungleichaltrige Bestände, wie sie der Femelschlagbetrieb liefert, werden auch bei der Fichte von manchen bevorzugt; sie sollen (cfr. z. B. Engler) die Vorteile von gemischten Beständen ersetzen.

2. Künstliche Bestandesgründung.

Die Frage, ob Saat oder Pflanzung vorzuziehen ist, wird verschieden beantwortet. Saat soll mehr Schutz gewähren gegen Rüsselkäfer und auch gegen Wild; auch für Loshiebe (Schmalstreifen) sei oft Saat besser, wogegen auf großen Kahlschlägen die Pflanzung, event. mit schmalen Saatstreifen längs des Altbestandes, vorzuziehen sei [2]). Im großen ganzen ist die Saat von der Pflanzung aber verdrängt worden: es gibt Fichtengebiete, wo man die Saat kaum mehr kennt. (Vgl. die Abwägung der Vorzüge und Nachteile zwischen Saat und Pflanzung S. 84) [3]).

a) Saat: Als Vollsaat, Riefen- und Plätzesaat, erstere im ganzen seltener. Spezialfall der Vollsaat z. B. im früheren württembergischen Waldfeldbau, Forst

---

1) Dimitz, Wie erhält sich die Fichte in Gebirgsforsten der nördlichen Kalkalpen zum Femelschlag- und Lichtungsbetriebe? Zbl. f. d. ges. Forstw. 1901, 511. — Engler, Verjüngung der Rottannenbestände. Schweiz. Ztschr. f. Forstw. 1899, 1. — Martin, Folgerungen usw. 5. Bd. 1899, die Fichte. — Broillard, Revue des eaux et forêts 1897. — Bernfus, Die Saumschlagwirtschaft im Fichtenhochwalde. Oesterr. Vierteljahresschr. 1905, 13. — Wagner, Räumliche Ordnung, 2. Aufl. 1911.

2) Vergl. Neumeister, Thar. Jahrb. 1889, 105.

3) Neuestens ist namentlich den Fichtenpflanzungen, gegenüber der natürl. Verjüngung, die Bildung zahlreicher Doppelgipfel, die ungünstigere Beastung, stärkere Rotfäule etc. vorgeworfen worden. — Vergl. Grasmann, Beobachtung in Fichtenpflanzbeständen (Forstw. Zentralblatt von 1886, S. 560 ff.), Grasmann, Entgegnung an Rommel (Allg. F.- u. J.-Z. v. 1887, S. 130), dagegen für die Pflanzung Dr. Stoetzer, „Zur Frage der Rätlichkeit des Fichtenanbaues durch Pflanzung" (Forstw. Zentralblatt v. 1887, S. 404) — Martin, Folgerungen . . ., 5. Bd. 1899, Die Fichte. — Engler, „Verjüngung der Rottannenbestände, Schweiz. Zeitschr. 1899, 1. — Broillard, Revue des eaux et forêts, 1897.

Ochsenhausen [1]). — Gelegentlich auch Fichten-Dammsaat [2]: Aussaat auf erhöhte Saatstellen (analog der Hügelung beim Pflanzen) bei undurchlassendem, tonigem Untergrund und starker Grasnarbe. Dämme ½ m breit, 10—15 cm hoch, 1.5 m Abstand von Mitte zu Mitte.

b) Pflanzung: Als Einzel- und als Büschelpflanzung; als Loch- und als Hügelpflanzung, event. auf Rabatten; mit 2—6jährigen Pflänzlingen (mit oder ohne Ballen), hier und da mit noch stärkerem Material (bei Nachbesserungen); unter Anwendung der verschiedensten Instrumente (Buttlars Eisen, Spiralbohrer, Hacke, Stoßspaten etc.).

Pflanzenmaterial liefern Schläge, bezw. Saatstellen (z. B. massenhaft die Waldfelder) und die Pflanzenerziehungsstätten. In letzteren Erziehung von Saat- und Schulpflanzen. Jetzt vielfach Verschulen (1- und 2jährige Pflanzen) und danach 2jähriges Belassen im Pflanzbeet. In windigen Freilagen, wie u. a. auf Hochflächen des Gebirgs, keine zu starken Pflanzen (Losrütteln durch den Luftzug vor dem festen Anwurzeln), event. Pflanzung in Löcher oder hinter kleine Schutzdämme. — Verbandweite [3]) je nach dem Wirtschaftszweck (z. B. Einfluß des Hopfenstangenhandels) sehr verschieden; Reihenverband findet sich z. B. von 0,5 bis 1,75 oder mehr zu 1 Meter, Quadratverband von 0,75 bis 2,0 und mehr Meter (derart weite Verbände natürlich nur ausnahmsweise).

Die Frage, ob Einzelpflanzung oder Büschelpflanzung (cfr. auch oben S. 119), schien ziemlich allseitig zu gunsten der Einzelpflanzung erledigt, als sie bei Gelegenheit der Versammlung deutscher Forstmänner zu Braunschweig 1896, den meisten Anwesenden unvermutet, wieder aufgeworfen, und dabei von manchen Seiten die Büschelpflanzung befürwortet wurde. Als Regel kann die letztere jedenfalls nicht gelten [4]). Mindestens ist dabei der Fehler, daß zu viele Pflanzen in 1 Büschel vereinigt werden, zu vermeiden. — Wie bei jeder Pflanzung, so ist bei der Fichte ganz besonders vor zu tiefem Einsetzen des Pflänzlings in den Boden zu warnen. — Für Moor- und Torfböden wird Ballenpflanzung auf Rabatten bes. empfohlen [5]).

3. Kiefer.

A. Betriebsart. Auch bei dieser Holzart ist die Wahl der Betriebsart ziemlich gleichbedeutend mit der Art der Verjüngung. In der Konkurrenz zwischen Natur- und Kunstverjüngung hat im allgemeinen der Kahlschlagbetrieb gesiegt und ist in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zur herrschenden Verjüngungsmethode geworden. Erst in neuerer Zeit [6]) haben sich unter der Wirkung von mancherlei Mißerfolgen, die sich bei der Kunstverjüngung auf Kahlflächen herausstellten und die

---

1) Vergl. Allg. F.- u. J.-Z. von 1884, S. 341.

2) Vergl. Schulze, Fichtendammsaat. Tharander Jahrbuch 1887, S. 92 ff.

3) Vergl. Martin, Die Regelung des Wachsraumes bei der Begründung und Durchforstung von Fichtenbeständen. Ztschr. f. Forst- und Jagdw. 1905, 419.

4) Vergl. Kunze, Ueber den Einfluß der Anbaumethode auf den Ertrag der Fichte. Thar. Jahrb. 1895, 45; 1902, 1; 1907, 1.

5) Otto, Deutsche Forst-Zeitung 1899, 230.

6) Vergl. Borggreve, Holzzucht S. 196 ff. Daselbst wird die Rückkehr zur natürl. Verj. gefordert und zwar mit einer verhältnismäßig dunklen Schlagstellung; Gesamtverjüngungszeit 10—20 Jahre. Bei entsprechend langem Zuwarten soll man genügenden Anflug erhalten. — Vergl. auch Danckelmann, Zeitschr. f. F. u. J. 1887 S. 64 ff., sowie Pfeil, Die deutsche Holzzucht. — Weise, Münd. Forstl. Hefte V, 1894, 1. — Stettiner Versammlung deutscher Forstmänner 1892. — Preuß. Forstverein, 1889. — Hoffmann, Forstl. Blätter 1889, 161. Zeitschr. f. F.-u. Jw. 1896, 112, 378. — Mayr, „Studien im nordwestl. Rußland", A. F.-u. J.-Z. 1900. — Reiß, „Naturverjüngung der Kiefer", Forstw. Zentralbl. 1898, 5. — Martin, Folgerungen . . ., 3. Bd. 1896, Die Kiefer. — Kautzsch, Zur Frage der Begründung von Kiefernbeständen. Forstw. Zbl. 1893, 653. — Kienitz, Ueber die Verjüngung der Kiefer im Besamungsschlage usw. Allg. F.-u. J.-Z. 1878, 41. — Düesberg, Der Wald als Erzieher 1910.

hauptsächlich auf Rechnung von Engerling, Schütte und Dürre zu stellen sind, wiederum Stimmen zu gunsten der natürlichen Verjüngung durch Schirmschlag- oder Femelbetrieb erhoben. In jüngster Zeit hat Düesberg in seinem Buche „Der Wald als Erzieher" als erstrebenswertes Ziel für den Kiefernwald das Bild eines planvoll zusammengesetzten, nach der Sechseckschablone aufgebauten Plenterwaldes entworfen. Der Verwirklichung dieses Idealwaldes stehen aber nicht zu behebende Schwierigkeiten entgegen. Der Kiefernzüchter wird es immer mit dem mehr gleichaltrigen Hochwald zu tun haben, gleichviel, ob dieser aus Natur- oder Kunstverjüngung hervorgegangen ist. Umtriebszeit sehr wechselnd, von 50 und 60 bis zu 100 und 120 Jahren, vom Standort weniger beeinflußt, als vom Wirtschaftszweck, der Absatzgelegenheit usw. Höhere Umtriebe sind auf geringen Böden wegen der frühzeitigen natürlichen Auslichtung nicht am Platze. Auf besseren Böden kann Ueberhaltbetrieb zur Erzeugung von Starkhölzern mit und ohne Unterbau in Betracht kommen. Doch ist die Gefahr des Windbruchs hierbei zu beachten. Mittlere Leistung des geschlossenen Hochwaldes 4—5 fm Durchschnittszuwachs im 80- bis 100jährigen Umtrieb; mittlere Höhe ca. 20—25 Meter.

B. Verjüngung.

1. Natürliche Verjüngung. Die meist schlagweise, hier und da auch wohl mehr horst- und gruppenweise durchgeführte natürliche Verjüngung der Kiefer ist auf besseren Standorten zulässig und vollzieht sich um so leichter, je luftfeuchter das Klima ist (Ostpreußen, russ. Ostseeprovinzen, Schweden). Vorbereitungshiebe sind infolge der von selbst eintretenden Auslichtung der älteren Kiefernbestände meist nicht nötig. Eher empfiehlt sich bis zur Samenschlagstellung möglichstes Dunkelhalten des Bodens, weil stärkerer Unkrautwuchs der Verjüngung höchst nachteilig ist. Wenn sich Jungwuchs eingestellt hat, ist verhältnismäßig rasche Nachlichtung mit Rücksicht auf das Lichtbedürfnis der Kiefer notwendig. Langes Belassen der Samenbäume zum Zwecke der Ausnutzung von Lichtungszuwachs lohnt sich nicht, sondern führt zu ungleicher Entwickelung der Verjüngung und damit zur Sperrwuchsbildung. Beihilfe durch Saat oder Pflanzung auf Fehlstellen ist dem langen Warten auf vollständigen Anflug vorzuziehen.

Der Kampf um die natürliche Verjüngung der Kiefer war bisweilen ein recht heftiger; in der letzten Zeit ist dieser Frage gegenüber wieder mehr Ruhe eingetreten. Man wird die natürl. Verjüngung unter für sie günstigen Verhältnissen nicht ausschließen, sondern sie als unter Umständen willkommene Zugabe zur künstlichen Bestandesbegründung betrachten. Das von manchen Seiten empfohlene geduldige, lange Zuwarten — (oft reichen 20—25 Jahre noch nicht zur vollständigen Besamung einer Abteilungsfläche hin!) — kann gegenüber der Raschheit und Sicherheit, mit der in vielen Fällen die künstliche Bestandesbegründung erfolgt, nicht gutgeheißen werden. Hochanstehender Grundwasserspiegel, Bodenverwundung durch Waldweide, Streunutzung begünstigen die natürl. Besamung. Auch wird der angeflogenen jungen Kiefer große Entwicklungs- und Widerstandsfähigkeit nachgerühmt. Oertlich, zumal bei hoher Luftfeuchtigkeit, erträgt sie selbst Schirmdruck. Auf kleinen Löchern fliegt Kiefer besonders leicht an, auf Lücken in Stangenhölzern und angehenden Baumorten. Immerhin liefert sie gerade dann stets horstförmig differenzierte Bestände, die sich bei der Kiefer wohl am wenigsten empfehlen.

2. Künstlicher Anbau.

Sowohl die Saat wie die Pflanzung hat ihre Vertreter. Viele sind der Meinung, daß der Saat vor der Pflanzung der Vorzug zu geben ist, wenn die Verhältnisse die Saat gestatten.

a) Saat: Meist unter Verwendung entflügelten Samens, hin und wieder auch Zapfensaat. In beiden Fällen kann Vollsaat wie stellenweise Saat zur Anwendung kommen. Vollsaat bedingt einen nur schwach benarbten Boden, der keiner oder nur geringer Bearbeitung (mit der Egge) bedarf. Verheidete oder verunkrautete Böden

erfordern Bodenbearbeitung und werden zweckmäßigerweise durch Streifensaat in Kultur gebracht. In diesem Falle ist Verwendung des Pfluges (Eckert'scher Waldpflug) zur Entfernung des Bodenüberzuges und zur Bodenlockerung meist billiger als Hacken der Saatstreifen. Unter Umständen Verwendung des Weber'schen Waldgrubbers. Plätzesaat (Anwendung von Hacke, Kreisrechen) meist ebenso selten wie Vollsaat, im allgemeinen auf ungünstige Bodenverhältnisse beschränkt. Zapfensaat [1]) ist zwar insofern vorteilhaft, daß der Samen nicht geklengt werden muß und deshalb in seiner Güte weniger leidet, ist aber infolge großen Zapfenbedarfes zu teuer, setzt trockene, warme Witterung voraus und führt leicht zu ungleichmäßiger Saat. Geklengter Samen ist möglichst zeitig im Frühjahr auszusäen; bei größeren ebenen Flächen empfiehlt sich Verwendung von Säemaschinen (Drewitz).

b) Pflanzung [2]). Erfolgt mit ballenlosen Pflänzlingen und mit Ballenpflanzen. Zumeist unverschulte einjährige Pflanzen, ab und zu auch verschulte 2- oder 3jährige. Verwendung stärkerer Pflanzen bei Nachbesserungen bezw. sehr graswüchsigen Kulturen angezeigt; hier auch die früher in großem Umfange angewendeten, im Erfolg vorzüglichen, aber teuren Ballenpflanzen richtig. Zur Pflanzung mit schwächeren ballenlosen Pflanzen Anwendung verschiedener Instrumente: Pflanzdolch, Keilspaten, Setzholz, Spitzenbergs Pflanzholz, Buttlar-Eisen, Wartenbergs Stieleisen, Pflanzspaten, hauptsächlich also von Werkzeugen zu Klemm- und Spaltpflanzungen. Die mit diesen Pflanzmethoden leicht verbundenen Beschädigungen und Quetschungen der Wurzeln haben die Spaltpflanzungen etwas in Mißkredit [3]) gebracht und haben zur Bevorzugung der Handspaltpflanzung geführt. Wo Klemmpflanzung infolge Fehlens lockeren Bodens nicht am Platze, hat sich neuerdings Pflanzung mit dem Splettstößer'schen Zangenbohrer als billige und jeder Klemmpflanzung überlegene Pflanzmethode gezeigt. Meist Reihenpflanzung in Grabe-, Hack-, Untergrundpflug- oder Grubberstreifen, auf graswüchsigen Böden Pflanzung auf Pflugwällen beliebt und erfolgreich [4]). Streifenbreite 30 bis 40 cm, Abstand der Streifen von Mitte zu Mitte 1 m bis 1,5 m, Pflanzenabstand in den Streifen 30—50 cm. Enger Verband notwendig, weil sonst Sperrwüchse.

4. Schwarzkiefer. Bei uns nicht, wie in Niederösterreich, rein, sondern nur in Mischung und dann meist nur als Vorbauholzart auf verödeten Kalkhängen; Pflanzung 2—3jähriger Pflanzen.

5. Weymouthskiefer [5]). Geeignet für Rein- und Mischanbau, letzterer meist bevorzugt. Natürliche Verjüngung infolge öfterer Samenjahre und beträchtlichen Schattenerträgnisses leicht möglich; in der Regel aber künstlicher Anbau durch Pflanzung mit 2—3jähr. verschulten oder auch 1jähr. unverschulten Pflanzen.

6. Berg-, Pech- und Bankskiefer. Vor- und Zwischenbauholzarten oder rein bei Oedlandsaufforstungen, Dünenbefestigungen usw. Pflanzung Regel.

---

1) v. Alemann, Ueber Forstkulturwesen, 3. Aufl. 1884 S. 65 ff. — Dittmer, Kiefernzapfensaat. Ztschr. f. F.- u. Jw. 1897, 263.

2) Splettstößer, Einfluß unserer Kulturmethoden auf das Absterben der Kiefer. Ztschr. f. F.- u. Jw. 1908. 689. — Kranold, Die Kiefern-Zangenbohrer-Pflanzung, das. 1911, S. 358. — Möller, Versuch zur Bewertung von Kiefernpflanzmethoden, das. 1910. S. 629.

3) Vergl. Muhl, Zur Ehrenrettung des Kiefern-Jährlings. Allg. F.- u. J.-Z. von 1886 S. 221 ff., woselbst die neuere Literatur über die Frage nachgewiesen ist. — Danckelmann, Handspaltpflanzung von Kiefern-Jährlingen, Zeitschr. f. F. u. J. 1889, S. 35.

4) Scott-Preston, Zeitschr. f. F. u. J. 1888, 512.

5) Wappes, Zur Kenntnis und Würdigung der Weymouthskiefer. Allg. F.- u. J.-Z. 1897. 8, 51, 365. Ders., Forstl. naturw. Ztschr. 1896, 205: Natürl. Verjüngung der W-kiefer im Pfälzer Wald in 440 m Meereshöhe. — Grundner, Vergleichende Untersuchungen über die Bestandesentwicklung bei der gemeinen Kiefer und der Weymouthskiefer. Thar. Jhrb. 1901, 114. — Bericht 12. Vers. deutscher Forstmänner 1883, 86.

7. L ä r c h e. Am besten vorwüchsiges Mischholz im Hochwald oder Oberholz im Mittelwald. Reine Bestände wegen geringer Bodenpflege ungeeignet; wenn sie vorkommen, ist frühzeitiger Unterbau nötig.

Unter gegebenen Bedingungen, z. B. in frischen, sonnigen Gebirgslagen, stellt sich Anflug ein, so daß sich die natürliche Verjüngung leicht vollzieht. Doch meist künstlicher Anbau und zwar

a) S a a t: behufs Einsprengung der Lärche in andere Holzarten, entweder breitwürfig oder als Plätzesaat (z. B. 2 kg Lärchen- und 5 kg Kiefernsamen zur Erzielung einer Mischung der Kiefer mit der Lärche im Verhältnis von etwa 5 : 1, da Lärchensamen meist wesentlich geringere Keimfähigkeit hat als die Kiefer);

b) P f l a n z u n g: meist verschultes Material (3—4jährig, seltener als stärkerer Heister und dann zweckmäßig unter Einstutzen der unteren Zweige; es kommt darauf an, daß die Lärche ihrer Umgebung voraneilt). Anwendung der Hacke. Gewöhnlich eingesprengt in andere Holzarten (Laubholz- wie Nadelholzbestände, Mittelwald), einzeln oder horstweise oder in Reihen, an Wegrändern usw.

III. Gemischte Bestände.

§ 70. Angaben über die leitenden Gesichtspunkte finden sich bereits im ersten Abschnitt, III, § 10 flgde. Ueber die Ausführung der Kulturen ist besonders zu bemerken, daß den langsam wüchsigen Holzarten der erforderliche Vorsprung vor ihrer Umgebung zu gewähren ist. Dazu dient ganz besonders der Voreinbau auf Löchern und Blößen; namentlich die E i c h e pflegt man auf diese Weise mittelst Saat oder Pflanzung in die B u c h e n b e s t ä n d e einzumischen. In derartige Löcher können auch Ahorn und Eschen im ersten Stadium der Buchenverjüngung in die Buchenbestände eingebracht werden. Ebenso ist bei der Absicht einer Einmischung der W e i ß t a n n e und B u c h e in die Fichtenbestände zu verfahren [1]). Der Femelschlagbetrieb bietet hierzu die beste Gelegenheit.

Die Anwendung der Pflanzung stärkerer Exemplare findet ihre Stelle, wenn in den Buchenverjüngungen die edlen Holzarten erst nach erfolgter Ansamung der Buche eingebracht werden. In diesem Falle kann ihnen der erwünschte Vorsprung nur durch Einpflanzung gut verschulter kräftiger Heister gewährt werden. Ebenso pflanzt man Kiefern und Lärchen systematisch in die Buchenverjüngungen ein. Wählt man hierbei kräftige Pflanzen, so arbeiten sich diese durch den Buchenwuchs hindurch, erlangen Schaftreinheit und geben hochwertige Nutzhölzer. Fichten pflanzt man wegen der größeren Schwierigkeit ihrer Schaftreinigung besser in Gruppen auf größeren Fehlstellen nach erfolgter Räumung, insbesondere auf Stellen mit verwildertem Boden.

Die Herstellung der Mischung von K i e f e r und F i c h t e erfolgt auf Kahlschlägen durch gleichzeitigen Anbau beider Holzarten, entweder getrennt nach den Unterschieden des Standorts, oder in gleichmäßiger Mischung, besonders durch Saat.

1) Vergl. G a y e r, Der gemischte Wald 1886. Darin sind auch hinsichtlich der Kultur eine Menge äußerst schätzbarer Erörterungen niedergelegt. Als wesentlichstes Mittel der Erhaltung wertvoller Bestandesmischungen betrachtet Gayer den V o r b a u, bei welchem die Mischholzart v o r Aberntung des jetzt vorhandenen Bestandes eingebracht wird. Der eingesprengten Holzart wird dadurch (neben horstweiser Isolierung, für welche bekanntlich G. im allgemeinen eintritt) ein Altersvorsprung gegeben, hinreichend, um ihre Erhaltung wenigstens bis zur ersten Durchforstung zu sichern. Von da ab kann die Bestandespflege einsetzen. Warum dabei auch der künstliche Voranbau der einzelnen Horste innerhalb e i n e r Abteilung grundsätzlich nach und nach erfolgen soll, ist nicht recht ersichtlich. Die Ungleichförmigkeit im einzelnen Bestande sollte nicht weiter gehen, als erforderlich ist, um die vollkräftige Entwicklung des Mischwuchses zu gewährleisten.

Doch ist zu beachten, daß die Kiefer hierbei leicht vorwüchsig und sperrig wird, wenn sie nicht in dichter Stellung erwächst, so daß sie in Schluß kommt. Ein Uebermaß der Beimischung von Fichten ist hier vom Uebel.

In allen Mischungen ist eine sorgfältige Bestandespflege von größter Wichtigkeit.

Durch Vorkultur eines Schutzholzes, insbesondere der Birke, hat man unter nachträglichem Anbau des Nadelholzes ebenfalls gemischte Bestände erzogen, so z. B. in Bayern auf den ausgedehnten durch Nonnenfraß entstandenen Kahlschlägen. Der „Vorwald" gewährt den später emportreibenden Hauptholzarten Schutz gegen Frost, Hitze etc.

Die Ergänzung des Oberholzes im Mittelwald, meist durch Pflanzung von Heistern (Esche, Ahorn, Eiche), sowie von Nadelhölzern, besonders Lärchen, kann auch als eine Begründung gemischter Bestände angesehen werden.

Vierter Abschnitt.

Die Bestandeserziehung.

Vorbemerkungen.

§ 71. Alle waldbaulichen Maßnahmen, welche von der Bestandesbegründung an bis zum Zeitpunkt der Hiebsreife oder allgemeiner bis zu den direkt auf Begründung eines Neubestandes abzielenden Wirtschaftsoperationen vorgenommen werden, gehören in das Gebiet der Bestandeserziehung. Die Bestandesbegründung ist beendet, sobald der Boden mit derjenigen Menge entwickelungsfähiger junger Individuen bedeckt ist, welche für das Heranwachsen eines den Wirtschaftszwecken entsprechenden neuen Bestandes erforderlich ist. Außer der ersten Bestandesanlage gehören also zur Bestandesbegründung auch alle Nachbesserungen, sowie die allmähliche Entnahme des bei der natürlichen Verjüngung zunächst verbliebenen Oberstandes. Hingegen sind alle diejenigen Eingriffe, welche planmäßig in die Substanz des neu erwachsenden Bestandes erfolgen, als Maßnahmen der Bestandeserziehung aufzufassen. Beim Femelbetrieb läßt sich eine scharfe Scheidung beider Kategorien von Wirtschaftsoperationen nicht leicht durchführen.

Aufgabe aller Bestandeserziehung oder Bestandespflege ist es, die Entwickelung der Bestände so zu leiten, daß sie dem Wirtschaftszweck möglichst vollkommen entsprechen. Damit dies Ziel erreicht werde, müssen nicht nur alle Gefahren fern gehalten und die nachteiligen Wirkungen etwa eingetretener Beschädigungen auf ein möglichst geringes Maß reduziert werden, sondern es muß auch der in ungefährdetem Wachstum stehende gesunde Bestand innerhalb des durch den Wirtschaftszweck gegebenen Rahmens der höchstmöglichen Leistung zugeführt werden.

Durch die Betonung des Wirtschaftszweckes ist, weil dieser wechseln kann, die starre Schulregel vermieden. Der Wirtschaft wird eine gewisse Beweglichkeit gewahrt und dem Willen des Waldbesitzers, dessen Interessen an verschiedenen Orten und unter verschiedenen Umständen sehr von einander abweichende sein können, wird der nötige Spielraum gesichert. Es kommt also vor allem darauf an, die wirtschaftlichen Ziele, welche zu verfolgen sind, klar zu stellen. Im allgemeinen hat man das Ziel der Wirtschaft in der höchsten Rentabilität des Betriebes zu erblicken. Da in den meisten Fällen dem Nutzholz der höhere Wert zukommt, und unter dieser Gesamtrubrik wiederum die stärkeren Stangen und das Stammholz in guter marktfähiger Ware (bestimmte Länge und Stärke, Geradschaftigkeit und Astreinheit) gewöhnlich den Ausschlag geben, so kann man, wenigstens für die meisten Hochwaldungen, un-

bedenklich die Anzucht möglichst vielen und guten Langnutzholzes als Wirtschaftszweck hinstellen, zumal in neuerer Zeit die immer weitergehende Verwendung von Surrogaten den Brennholzmarkt fast überall wesentlich eingeschränkt hat. Selbstredend sind in jedem einzelnen Falle die Absatzverhältnisse aufs sorgfältigste zu beachten. Die gewerblichen Verhältnisse bringen es nicht selten mit sich, daß einzelne Sortimente örtlich eine erhöhte Bedeutung erlangen, infolge deren ihrer Anzucht, sofern sie sich nicht schon beim gewöhnlichen Betrieb in genügender Menge nebenbei ergeben, besondere Sorge gewidmet sein muß. Daß bei aller Bestandeserziehung im Interesse des heranwachsenden Bestandes, sowie insbesondere mit Rücksicht auf die Nachhaltigkeit der Wirtschaft die Bodenpflege eine hervorragende Rolle zu spielen hat, ist selbstverständlich, und ist auch in den bisherigen Erörterungen schon mehrfach betont worden.

Einen Uebergang zwischen Bestandesbegründung und -erziehung bilden diejenigen Maßregeln, welche, unmittelbar an die Vornahme der Kultur anschließend, die allererste Entwickelung der jungen Pflanzen fördern bezw. schützen sollen, z. B. Ausstechen von Pflanzen in (absichtlich oder unabsichtlich) zu dichten Saaten [1], Auftreiben von Schafherden gegen Stockausschläge und gegen Unkraut, Ausschneiden des Grases zwischen den Saat- und Pflanzreihen, Entfernen der Unkräuter usw. Alle diese Maßnahmen dienen zwar unzweifelhaft schon der Bestandeserziehung, können aber auch noch als zur Ausführung der Kultur selbst gehörig oder als direkte Maßregeln des Forstschutzes betrachtet werden. Man bezeichnet sie gewöhnlich als Maßregeln der Kulturpflege. Sie sollen, da sie teils bereits oben (s. S. 117 und 139) erwähnt wurden, teils im Forstschutz (Gefährdungen durch Gewächse) näher gewürdigt werden und da die eigentliche Bestandeserziehung doch in und mit dem auf der Fläche erwachsenden Material an Holzpflanzen arbeitet, an dieser Stelle nicht weiter besprochen werden.

Die Bestandeserziehung umfaßt nach dieser Abgrenzung die Auszugshauungen, die sog. Reinigungshiebe oder Ausläuterungen, die **Durchforstungen**, den **Lichtungs- und Unterbaubetrieb**, die Aufästungen und die Maßregeln der Bodenpflege.

Erstes Kapitel.

Auszugshauungen = Räumung von Ueberhältern.

§ 72. Die Auszugshauungen entfernen solche vom vorigen Umtrieb überkommene Ueberhaltstämme, welche nicht geeignet sind, bis zur Hiebsreife des jetzigen Bestandes auszuhalten. Die Veranlassung liegt zumeist in den betreffenden Stämmen selbst, indem sie vorzeitig schadhaft werden und im Zuwachs nachlassen; zum Teil aber fordert auch die Pflege des umgebenden Bestandes, welcher durch die oft breitkronigen Altholzstämme in seiner Entwickelung gehemmt wird, deren Aushieb. Es ist zu erwägen, ob im Falle des Stehenlassens die Wertsmehrung des Ueberhälters für den Zuwachsausfall am neuen Bestande ein Aequivalent bietet. (Vgl. die Ausführungen auf Seite 54.) Die Fällung hat mit der nötigen Vorsicht (vorheriges Entasten etc.) zu erfolgen, damit der Jungbestand möglichst wenig leidet.

---

1) Auf den Waldfeldbauflächen des Württembergischen Forsts Ochsenhausen wird zur Fichten-Einsaat ein so bedeutendes Samenquantum, bis 25, ja 40 kg pro ha verwendet, daß die auf dem schon vorher durch landwirtschaftliche Benutzung gelockerten Boden meist trefflich keimenden Pflanzen nicht alle Platz finden, sondern zum großen Teil für anderweite Kulturen abgegeben werden. cfr. Der Waldfeldbaubetrieb im Forst Ochsenhausen. Allg. F.- u. J.-Z. v. 1884 S. 341.

Zweites Kapitel.

Die Reinigungshiebe. (Ausläuterungen.)

§ 73. Als Reinigungshiebe bezeichnet man die Entnahme solcher Holzgewächse, welchen bei der Bestandesbildung die Mitwirkung versagt sein soll. Es sind dies einmal die Individuen solcher Holzarten, deren Anzucht überhaupt nicht beabsichtigt ist, sodann von den das Objekt der waldbaulichen Tätigkeit bildenden Holzarten diejenigen Exemplare, welchen schon bei oder bald nach der Bestandesbegründung die Fähigkeit abgesprochen werden muß, tüchtige Bestandesglieder zu werden. Hierher gehört:

I. Der Aushieb von Vorwüchsen[2]) (Wölfe). Vorwüchse sind Individuen der den Bestand bildenden Holzart, die sich schon, bevor die Fläche in Kultur gebracht wurde, auf ihr eingefunden hatten oder die, wenn gleichzeitig mit den umgebenden Individuen entstanden, aus irgend einem Grunde eine die Nachbarn schädigende besonders rasche Entwickelung zeigen. Das ist z. B. nicht selten der Fall bei Stockausschlägen, die sich oft ungebührlich vordrängen. Es kann dann die Frage entstehen, ob man sie sämtlich entfernen oder sie in beschränktem Umfang durch Belassen einzelner Loden zur Bestandesbildung beiziehen soll. Frühzeitig vorgenommener Abhieb von Stockloden hat bei den meisten Holzarten, wie Eiche, Ahorn usw. die Neubildung von solchen und damit oft neues Bedrängen der umstehenden Pflanzen zur Folge. Es ist, falls gänzliches Entfernen beabsichtigt wird, oft zweckmäßig, wenn man, gewissermaßen um die Stöcke lahm zu legen, zunächst auf jedem Stock eine oder wenige Loden stehen läßt, die in der nächsten Zeit so sehr alle Kraft für sich in Anspruch nehmen, daß die ringsum neu entstehenden Ausschläge verkümmern. Dann werden die stehengelassenen Einzelloden, die inzwischen in ihrer isolierten Stellung nicht geschadet, sondern im Gegenteil häufig vielleicht noch einen ganz wohltätigen Schutzbestand gebildet hatten, nachträglich weggenommen. Inzwischen sind die umgebenden Holzpflanzen so weit herangewachsen, daß ihnen neu erscheinende Stockausschläge nicht mehr bedenklich werden.

In den meisten Fällen aber handelt es sich um solche Vorwüchse, die sich vor der Vornahme der eigentlichen Verjüngung eingestellt haben. Sie kommen namentlich in den natürlichen Verjüngungen vor und rühren hier von Mastjahren her, deren Ergebnis mit Rücksicht auf die Beschaffenheit des Altholzes, auf Hiebsfolge, Etatserfüllung usw., also in der Hauptsache aus Gründen der Forsteinrichtung, zur vollständigen Bestandesverjüngung noch nicht verwendet werden konnte. Derartige Vorwüchse bedürfen je nach ihrer Beschaffenheit einer verschiedenen Behandlung. Eine normale Entwickelung zeigen sie meist nur auf lichteren Stellen des Bestandes und auch da nur, wenn sie in Gruppen oder Horsten auftreten. Einzeln vorkommende Exemplare dehnen sich meist in Aesten und Wurzeln zu sehr seitlich aus, werden buschartig und sind nicht befähigt, sich zu guten Nutzstämmen zu entwickeln. Der unter dem Schatten eines noch dichten Kronenschirmes in Mastjahren entstehende Vorwuchs vergeht, insbesondere bei Buche und Fichte, oft nach einigen Jahren wieder vollständig. Anders bei der Tanne, deren Jungwüchse so zäh sind, daß sie sich,

1) Zu vergleichen: Trübswetter, „Bedeutung des Vorwuchses für die Begründung und Formbildung reiner und gemischter Bestände"; Tharandter Jahrbuch 35. Bd. S. 131 ff. (1885). — Hartwig, „Wirtschaftliche Bedeutung des sog. Vorwuchses bei Begründung und Formbildung reiner und gemischter Waldbestände"; Forstw. Zentralbl., 1882, S. 1. — Kraft, Zur Sperrwuchsfrage, Ztschr. f. Forst- u. Jagdw. 1891, 327. — Pahl, Die wirtschaftliche Bedeutung und Behandlung des Vorwuchses. Allg. F.- u. J.-Z. 1887. 37.

wenn auch kümmerlich und ohne irgend welchen nennenswerten Zuwachs, doch lebend erhalten und sich dann, wenn durch Vorbereitungshiebe usw. die normale Verjüngung des Bestandes eingeleitet wird, da und dort, je nach dem verschiedenen Maße der Lichtzufuhr und der ihnen innewohnenden Kraft, einzeln oder in Gruppen und Horsten vordrängen.

Die Entscheidung darüber, ob solche Vorwüchse zu erhalten sind oder nicht, ist unter zwei Gesichtspunkten zu treffen. Zunächst nämlich und vor allem ist der Vorwuchs selbst auf seine Entwickelungsfähigkeit zu begutachten, sodann aber ist die Frage zu erwägen, was mit den zwischen den Vorwüchsen vorhandenen Lücken geschehen soll, ob sich die auf ihnen (durch Samenabfall auf natürlichem Wege oder durch künstliche Kultur) entstehenden Jungwüchse zwischen den Vorwüchsen freudig hinaufzuarbeiten vermögen werden oder nicht. Die sich im Walde darbietenden Fälle sind äußerst mannigfaltig. Bald ist ein größerer, bald ein kleinerer Teil der Fläche mit Vorwuchs überdeckt; bald hat letzterer einen bedeutenden, bald nur einen geringen Vorsprung; bald sollen die Lücken mit der gleichen, bald mit einer (vielleicht rascher wüchsigen) Mischholzart ausgefüllt werden. Kranker, vollständig verbutteter Vorwuchs ist, einzeln oder in Horsten, jedenfalls zu entfernen. Ebenso wird man einzelne vorwüchsige Exemplare, auch wenn sie an sich gut sind, häufig wegnehmen, sofern ihre fortdauernde Pflege (durch Aufastung etc.) ausgeschlossen erscheint und deshalb Bedrängung der Nachbarpflanzen zu erwarten steht. Im übrigen aber soll man keineswegs radikal gegen jeden Vorwuchs vorgehen und soll nicht der Vorliebe für gleichförmige, gleichalterige Bestände zu weitgehende Opfer bringen. Die Weißtannenwirtschaft benutzt die Vorwüchse fast überall schon lange. Dabei ist zu unterscheiden dasjenige Vorgehen, bei dem man den Vorwuchs, wie im Femelbetrieb, als den eigentlichen Träger der Verjüngung betrachtet (so daß die Bezeichnung „Vorwuchs" dann nicht mehr paßt) und wo dann von vornherein eine systematische Pflege dieser jungen Anwüchse stattfindet, von derjenigen Wirtschaft (Schirmschlagbetrieb), bei der sich der Anflug bezw. Aufschlag als eigentlicher Vorwuchs charakterisiert und nur einen akzessorischen Bestandteil bildet. Hier kann man den lebenskräftigen Vorwuchs ziemlich allgemein benutzen, wenn er nicht über manneshoch ist, weil dann die Hoffnung besteht, daß die auf den freien Plätzen dazwischen sich ansiedelnden Pflanzen in genügender Weise nachwachsen werden. Höhere Partien können dann stehen bleiben, wenn sie als größere Horste erscheinen, die in sich geschlossene Beständchen darstellen und als solche im Vergleich zu ihrer Fläche nicht zu viel Randlinie haben. Bei unregelmäßigen Figuren der Vorwuchshorste kann Abrundung zweckmäßig sein. Ueberhaupt erfordert der Schutz des zwischen hinein entstehenden Jungwuchses gegen Bedrängung durch die Vorwüchse andauernd sorgsame Beachtung. Soll kein reiner Tannenbestand, sondern etwa ein Mischwuchs aus Tanne und Fichte [1]) nachgezogen werden, so hat man beste Gelegenheit, zwischen den Tannenvorwüchsen die Fichte zur Pflanzung einzubringen.

Besondere Vorsicht erfordert das Aushauen der Vorwüchse dann, wenn es nicht in frühester Jugend, sondern bei schon etwas vorgeschrittener Entwickelung des Bestandes (Gertenholzalter) erfolgen muß. Dann hat man einerseits zu sorgen, daß durch den Aushieb keine Lücken entstehen, andererseits dafür, daß nicht in der Folge die ringsum erwachsenen schlanken Stämmchen, ihrer Stütze beraubt, sich umlegen. Ist dies, wie insbesondere in Laubholzhegen nicht selten, zu befürchten, so muß

1) Wie z. B. vielfach im württemb. Schwarzwalde; cfr. u. a. auch Pahl, „Wirtschaftliche Bedeutung und Behandlung des Vorwuchses". Allg. F.- u. J.-Z. v. 1887, S. 37 und S. 236.

man sich zunächst auf bloßes Köpfen der Vorwüchse in entsprechender Höhe beschränken.

Oberster Grundsatz bleibt immer, daß die Vorwüchse nur insoweit beizubehalten sind, als sie einen wirklich brauchbaren, allen Anforderungen bezüglich normaler Entwickelung genügenden Bestandesteil zu liefern versprechen und nicht durch später nötig werdende erweiterte Bestandespflege (Randverdämmung), sowie event. durch Vermehrung der Frostgefahr (geringerer Luftzug) die Vorteile paralysieren, welche sie durch höheres Alter, durch ihren Zuwachs, sowie durch die Ersparung an Kulturkosten gewähren können. Sorgfältige Erwägung des einzelnen Falles ist geboten.

Die Entfernung der Vorwüchse kann je nach Umständen mittelst der Säge, der Axt und des Beils, der Heppe, des amerikanischen Buschmessers oder der Durchforstungsschere vorgenommen werden. In letzterem Falle ist nur eine solche mit konvexer Schneide vollkommen leistungsfähig.

§ 74. II. Ausjätungen (Ausläuterungen), d. i. die Entnahme von Exemplaren anderer als der das Wirtschaftsobjekt bildenden Holzarten, sowie auch von Exemplaren der letzteren bei übermäßig dichtem Stand im jugendlichen Alter [1]).

Im ersteren Falle hat man es meist mit spontanem Auftreten zu tun, und zwar sind es gewöhnlich raschwüchsige Laubhölzer (Baum- und Straucharten), die sich in die jungen Hegen eindrängen und durch Verdämmen der Hauptholzarten nachteilig werden, indem sie vermöge ihrer oft ungemein kräftigen Entwicklung den Boden und den oberirdischen Wachsraum ungebührlich in Anspruch nehmen. Von Nadelhölzern tritt fast nur die gemeine Kiefer ab und zu in der angedeuteten Weise auf: Anflug von Mutterbäumen, der dann gelegentlich durch einen sperrigen Wuchs unbequem wird. Weil ihm die Reproduktionskraft fehlt, läßt er sich durch Aushieb aber leicht meistern. Auch Laubsträucher, wie Lonicera, Prunus spinosa, Crataegus, Rhamnus, Cornus, Viburnum u. a. m., sind nicht für längere Dauer bedenklich. Sie können zwar einer jungen Kultur, wenn sie nicht rechtzeitig herausgehauen werden, bei reichlichem Vorkommen übel mitspielen, werden aber gewöhnlich in einigen Jahren von dem jungen Holzbestande so vollständig überwachsen, daß ihre Stockausschläge sich nicht mehr hindurchzuarbeiten vermögen. Von da ab spielen sie, sofern sie sich überhaupt noch lebend erhalten können, die Rolle eines unschädlichen Bodenholzes.

Von diesen Strauchhölzern sind die sog. weichen Laubhölzer zu unterscheiden, die sich baumartig entwickeln, wie Salweide, Birke [2]) und Aspe. Sie finden sich durch Samenanflug oder als Stockausschlag leicht ein und zeichnen sich, da sie meist geringe Bodenansprüche machen, zumal auch auf schlechteren Standorten, durch Raschwüchsigkeit und relativ bedeutendes Höhenwachstum aus. Man hat es in der Hand, auch diese Holzarten durch energischen Aushieb zurückzudrängen. Oft muß man in kurzer Zeit die Maßregel mehrmals wiederholen, um ihrer Herr zu werden. Aber auch hier ist radikales Vorgehen keineswegs immer als Regel zu empfehlen. Es ist vielmehr zunächst ein wesentlicher Unterschied, ob sie sich in Laubholz- oder in Nadelholzhegen finden; nur in letzteren sind sie im allgemeinen bedenkliche Gäste. Besonders reichlich stellen sie sich begreiflich in Nadelholzkulturen dann ein, wenn diese auf ehemaligen Laubholz-, namentlich Mittelwaldböden angelegt wurden. Wird Stockrodung in solchen Fällen unterlassen oder nur unvollständig durchgeführt, so ist naturgemäß

---

1) cfr. u. a. Rebmann, „Bedeutung und Ausführung der Reinigungshiebe“. Allg. F.- u. J.-Z. von 1881 S. 401 ff.

2) Die Birke pflegt, obwohl nicht Weichholz, ihres in diesem Punkte gleichartigen waldbaulichen Verhaltens wegen einbezogen zu werden.

Material für Lieferung von Stock- und Wurzelausschlägen im Boden in Menge vorhanden. Unter diesen Umständen konkurrieren dann mit den oben genannten Holzarten auch Ausschläge von Eichen, Ahorn usw. Sobald die Kultur zum Schluß gekommen ist, darf die Gefahr meist als beseitigt angesehen werden. Laubhölzer, die mit dem Nadelholz gleichzeitig in die Höhe gehen, schaden dem letzteren, abgesehen davon, daß sie ihm den Platz versperren, hin und wieder auch durch Abpeitschen der Knospen an den Trieben. Vorwachsende Laubhölzer, wie es die vor dem ersten, bezw. zwischen diesem und dem zweiten Reinigungshieb entstandenen Stockausschläge und Kernwüchse meistens sind, schaden, sobald sie dem Nadelholz zu reichlich beigesellt sind, möglicherweise auch durch Beschattung. Oft aber gewähren sie andererseits einen sehr wohltätigen Schutz gegen Frost. In solchen Fällen ist das sonst meist gebotene frühzeitige und radikale Vorgehen gegen die eingesprengten Laubhölzer durchaus nicht immer am Platze. Ist z. B. die Birke so weit vorwüchsig oder wird regelmäßig so weit ausgeastet, daß sie die Nadelholzgipfeltriebe mit ihren Zweigen nicht mehr befegen kann, so gewährt gerade sie einerseits dem Nadelholz einen in vielen Lagen überaus dankenswerten Schutz gegen Frost und liefert anderseits eine unter Umständen nicht unbeträchtliche Vornutzung in Gestalt von Besenreisig [1]). Von der Entwickelung des Nadelholzes hängt es ab, in welchem Zeitpunkte man später die Birke herauszuhauen hat; sie ergibt dann gute Wagnerhölzer. Einzelne Exemplare läßt man wohl auch einwachsen, damit sie nach dem Abtrieb die Fläche mit dem für die Neukultur als Schutzbestand meist erwünschten Anflug versorgen.

In Laubholzverjüngungen ist die Beurteilung der ohne Zutun und oft gegen den Willen des Wirtschafters auftretenden Weichhölzer nicht so generell gegeben. Hauptsächlich sind die Verjüngungen der Rotbuche von Weichholz und Hornbaum meist mehr oder weniger reichlich durchsetzt. Wenn der Hornbaum durch massenhaftes Auftreten seiner vordringlichen Jungwüchse die empfindlichere Rotbuche schädigt, liegt meist ein Verschulden der Wirtschaft vor, indem man nicht rechtzeitig im Vorbereitungsschlag oder schon vorher bei den letzten Durchforstungen für Aushieb der überzähligen Hornbäume gesorgt hat. Einige belassene Exemplare genügen, um die immerhin erwünschte mäßige Beimischung dieser Holzart zu sichern. Die Weichhölzer fliegen, sofern nicht ungerodete Stöcke und Wurzeln für Stockausschläge bezw. Wurzelbrut sorgen, meist von weit her in den Hegen an. Da sie lichtkronige Hölzer sind, ist ihre beschattende Wirkung meist nicht sehr von Belang. Da sie weiterhin zum Teil sehr gut nutzbare Holzarten sind, so soll man ihnen, vorausgesetzt, daß sie nur mehr vereinzelt, nicht aber in größeren Gruppen und Horsten auftreten, einen bescheidenen Platz wohl gönnen, so lange und in solchem Umfange, als sie auf dem Holzmarkte durch ihren Preis die ihnen gewährte Nachsicht lohnen. Auch können sie wohl einige Bedeutung als Wildfutter haben. Schlimmsten Falles kann man ja bei Gelegenheit der Durchforstungen noch einschreiten.

Zu den Reinigungshieben gehört schließlich auch die Entnahme von Holzarten, die der Wirtschafter mit der bewußten Absicht vorübergehender Benutzung bei der Bestandesbegründung als Schutz- und Treibholz für die Wirtschaftsholzart eingebracht

1) Neumeister, Wichtigkeit des Birkenanflugs. Thar. Jhrb. 1885, 225. Schier, Ueber die finanzielle Bedeutung der Birke als vorübergehendes Mischholz in Fichtenbeständen. Forstwiss. Zbl. 1892, 604. — Nach Mitteilungen des Kgl. Württembg. Revieramts Bebenhausen sind in den Staatswaldungen desselben auf einer Gesamtfläche der 1—40jährigen Nadelholzorte von etwa 450 ha (bei sehr ungleichmäßiger Verteilung der eingesprengten Birken) in den Jahren 1881—1885 im ganzen an Birkenreisig geerntet worden: a) Besenreisig 3874 Wellen = 77,5 fm, Erlös = 1596,33 Mk., mithin für 1 fm = 20,6 Mk.; b) Brennholz-Wellen (die dickeren, zu Besen nicht tauglichen Reiser) 5045 Stück = 100,9 fm = 790 Mk.; zusammen also durchschnittlich jährlicher Ertrag = 477 Mk.

11*

hat. Einer der häufigsten dieser Fälle ist die Entnahme der Kiefer aus Fichtenbeständen, die durch die Kiefernbeimischung über Frosteinwirkungen in der Jugendperiode hinweggebracht werden sollten und nun, nachdem dieser Zweck erreicht ist, vom Druck der vorwüchsigen und sperrig sich entwickelnden Kiefern befreit werden. Auf allen weniger kräftigen und trockeneren Böden ist bei der Läuterung der Kiefer zugunsten der Fichte mit großer Vorsicht zu verfahren. Schneidelung, Köpfen, Einknicken der Kiefer kann unter Umständen vorteilhafter sein als radikales Heraushacken. Die Läuterungshiebe bedürfen in solchen Orten geschickter Führung, öfterer Wiederholung und sind solange fortzusetzen, bis sie mit den Durchforstungen verschmelzen [1]).

Die ebenfalls zu den Ausläuterungen gehörende Verdünnung zu dichter Jungwüchse, sowohl im Nadelholz, als auch im Laubholz, erfolgt durch Ausschneiden der Einzelindividuen oder durch gassenartige Durchhiebe, letzteres besonders in dichten Nadelholzsaaten nach v. Holleben in Rudolstadt. An den Rändern dieser Gassen entwickeln sich einzelne stärkere Stämmchen kräftig und übernehmen die Führung. Von den Durchforstungen unterscheiden sich diese Aushiebe ihrem Wesen nach dadurch, daß sie ein geringwertiges Material und daher meistens keinen Reinertrag liefern, vielmehr Zuschüsse erfordern.

Drittes Kapitel.

Die Durchforstungen [2]).

§ 75. I. Begriff: Man versteht unter Durchforstungen die zum Zwecke der Erziehung und Nutzung stattfindenden planmäßigen Hauungen in dem aus dem laufenden Umtrieb stammenden Material [3]) eines Bestandes. Sie folgen den Läuterungen, wiederholen sich bis zur Hiebsreife und stellen keine bis zum förmlichen Lichtungshieb gesteigerten Eingriffe in die Bestandesmasse dar.

Die Durchforstungen erstrecken sich besonders auf das zurückbleibende, sowie das für die vorteilhafte Entwicklung des Bestandes ungeeignete Material, um auf diese Weise durch die freiere Stellung der verbleibenden Stämme deren Massen- und Wertsproduktion zu fördern und durch den Erlös aus dem anfallenden Material Erträge zu gewähren. Bei ihrer Ausführung

1) Vgl. v. Falckenstein, Ueber planmäßige Durchläuterungen unserer Jungbestände. Allg. F.- u. J.-Z. 1899. 225. — Pause, Läuterungshiebe in Mischbeständen von Fichte und Kiefer. Thar. Jahrb. 1904. 132.

2) Man vergleiche außer den im Eingang unter Literatur genannten Waldbauschriften u. a.: Baur, Dr. Franz von: „Zur Geschichte der Durchforstungen". Forstw. Zentralblatt von 1882, S. 21 ff. und S. 205 ff. — Ders., „Ueber Durchforstungen und Durchforstungsversuche" in Ganghofers „Versuchswesen" II. Bd. S. 209 ff. — v. Fischbach, „Zur Weiterentwicklung der Lehre von den Durchforstungen". Forstw. Zentralblatt v. 1884 S. 426 ff., v. 1885 S. 466 u. S. 553. — Ders., „Die wirtschaftl. Leistungen des Voll- und Abtriebsbestandes, sowie der verschiedenen Stammklassen". Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen, 1885, 293. — Borggreve, „Zur Plänterdurchforstung". Forstl. Blätter von 1887 S. 225 ff. — Landolt in d. schweiz. Zeitschr. 1885 S. 27. — Speidel, Waldbauliche Forschungen in württembergischen Fichtenbeständen mit Beiträgen zur Wirtschaftsgeschichte, Zuwachs- und Durchforstungslehre 1889. — Laschke, „Oekonomik des Durchforstungsbetriebes" 1901. — Ders., „Geschichtliche Entwickelung des Durchforstungsbetriebes" etc. 1902. — Kožešnik, „Die Bestandespflege mittelst der Lichtung nach Stammzahltafeln" 1898. — Haug, „Beitrag zu der Durchforstungsfrage" A. F.- u. J.-Z. 1894—1897 (versch. Abhandlungen). — Ders., „Die Stammzahlfrage und ihre Bedeutung für die Bestandespflege" A. F.- u. J.-Z. 1899, S. 8. — Hausrath „Zur Geschichte der Durchforstungen" F. Zbl. 1896 S. 536. — Mayr, „Die Erziehungshiebe (Durchforstungen) der neuen Schule" A. F.- u. J.-Z. 1899 S. 153. — Schüpfer, „Die Entwickelung des Durchforstungsbetriebes in Theorie und Praxis seit der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts dargestellt unter besonderer Berücksichtigung der bayrischen Verhältnisse" 1903. — Kraft, Gustav, Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Hannover 1884. — Ders., Beiträge zur Durchforstungs- und Lichtungsfrage. Hannover 1889.

3) Die Fällung von aus dem vorigen Umtrieb überkommenen Stämmen wird als Auszugshieb besonders unterschieden. Vergl. erstes Kapitel dieses Abschnitts.

setzt man immer den Wiedereintritt des Schlusses bis zur Wiederholung voraus, was bei den Lichtungshieben, die eine dauernde Schlußunterbrechung im Gefolge haben, nicht der Fall ist. Im Sinne der Forsteinrichtung hört, wo die Einteilung in 20jährige Perioden vorliegt, das Gebiet der Durchforstungen im allgemeinen bei den Waldorten der ersten, die ältesten Bestände umfassenden Periode auf. In Forstbetrieben mit nur 10jährigen Wirtschaftszeiträumen findet diese Bestimmung sinngemäße Anwendung auf die in den laufenden Wirtschaftsplan zum Kahlhieb oder zur natürlichen Verjüngung eingestellten Bestände oder Bestandsteile. Eingriffe in die Bestände der ältesten Klassen, soweit sie nicht schon starke, mit der Verjüngung in Verbindung stehende Lichtungen darstellen, nennt man entweder Vorentnahmen oder **Durchhiebe und rechnet ihren Ertrag nicht mehr zur Zwischen-, sondern vielmehr zur** Hauptnutzung. Ueberdies sollen nach den meisten bezüglichen Instruktionen auch solche Eingriffe in das Bestandsmaterial jüngerer Orte zur Hauptnutzung gerechnet werden, welche eine fühlbare Schmälerung des Haubarkeitsertrages nach sich ziehen, oder die so bedeutend sind, daß die normale Weiterentwickelung des betreffenden Bestandes ohne Füllung der entstandenen Lücken durch Anbau erwartet werden kann. Die planmäßigen Hiebe der letztbezeichneten Art sollen als **„Lichtungshiebe" besonders betrachtet werden**[1]).

§ 76. II. Zweck: Die Durchforstungen ergeben sich als wirtschaftliche Maßregel aus der Beobachtung der Bestandesentwickelung. Letztere ist durch die einfache Tatsache gekennzeichnet, daß im Haubarkeitsalter nur noch ein verhältnismäßig kleiner Teil derjenigen Individuen vorhanden ist, welche ursprünglich den Jungbestand bildeten. Die einzelnen Bäume haben im Verlauf ihrer Entwickelung eine solche Ausbildung erlangt, daß auf gegebener Fläche nicht mehr als eine gewisse Anzahl Platz findet, während sich die nunmehrigen Altholzstämme in den früheren Lebensperioden in der Gesellschaft einer mit zunehmendem Alter des Bestandes naturgemäß stets kleiner werdenden Menge von Genossen befanden, die von vornherein von der Natur oder dem Wirtschafter meist als gleichberechtigt nebeneinandergestellt worden waren[2]). (Das gilt keineswegs nur von der Saat oder Pflanzung, sondern auch von der natürlichen Verjüngung, durch welche ein Vorzug einzelnen Individuen a priori allgemein nicht eingeräumt worden ist.) Die Zahl der Individuen war bei der Bestandesbegründung im allgemeinen so bemessen worden, daß früher oder später Bestandes-

---

1) **cfr. Lorey, „Durchforstung oder Lichtungshieb"? Allg. F.-u. J.-Z. von 1881, S. 406 ff.**

2) Dieser Auffassung entspricht es freilich nicht mehr, wenn Oberforstrat Dr. von Fischbach (Zentralblatt f. d. ges. Forstwesen, Juli 1885) empfiehlt, schon im Jungbestande, womöglich schon bei Vornahme der Kultur, diejenigen Individuen zu bezeichnen, welche später den Haubarkeitsbestand zu bilden haben, und diesen dann, damit sie ihr Ziel erreichen, eine besonders sorgfältige Pflege angedeihen zu lassen, alle übrigen Pflanzen aber, welche zur Deckung des Bodens etc. von Anfang an notwendig sind, nur als Füllholz zu behandeln. Leitend ist bei diesem Vorschlag die Tatsache, daß im geschlossenen Bestand die stärkste Stammklasse andauernd (wie insbes. auch Wagener s. Z. nachgewiesen hat) weitaus am meisten produziert, daß man ferner an Kulturkosten sparen müsse und nicht minder an Zeit, indem man jene für das Abtriebsalter prädestinierten Individuen in allseits unbehinderter Entwickelung möglichst rasch einer den Anforderungen des Marktes entsprechenden Stärke und Höhe zuführt. Was starke Durchforstungen, Freihauungen, Lichtungshiebe etc. sonst erst von einem späteren Stadium der Bestandesentwickelung an erstreben, soll hier schon von der ersten Jugend an durchgeführt werden. — Den gleichen Gedanken verfolgt neuerdings Mayr (Waldbau, S. 426), in der von ihm empfohlenen „Auswahlpflanzung". Darnach sollen bei der Kulturausführung die besten, schönsten, geradschaftigsten und kräftigsten Pflanzen in einem Verband von 4—5 m ausgepflanzt werden. In die Zwischenräume zwischen je 2 dieser Qualitätspflanzen sollen 2 mindergute derselben Holzart zu stehen kommen. Es sei dann anzunehmen, daß die bestgeformten und schnellwuchsigsten Individuen die Führung im Bestande beibehalten und nach Unterdrückung des Zwischenbestandes den Hauptbestand bilden werden. Der späteren Bestandserziehung würde dadurch ihre Aufgabe wesentlich erleichtert. — Der Durchführung dieses Gedankens stehen erhebliche Bedenken entgegen. Jedenfalls müßte angesichts der vielen Fährlichkeiten, mit denen der einzelne Baum zu kämpfen hat, von vornherein eine die Zahl der Stämme des Altholzes beträchtlich übersteigende Menge solcher Pfleglinge vorgesehen werden. Weiterhin liegt die sehr beachtliche Gefahr vor, daß sich die schnellwuchsigeren Pflanzen unter Ausnutzung des von ihren Nachbarn nicht hinreichend umstrittenen Wachsraums zwar im Sinne der Steigerung des Massenertrages, aber durchaus nicht im Sinne der Erhöhung der Nutzholzgüte entwickeln. — Bei unseren Kulturen mit Exoten verfahren wir seit Jahren vielfach in dieser Weise, um an dem teuren Pflanzmaterial zu sparen. — Vergl. übrigens die gegenteilige Ansicht von Frey im forstw. Zentralbl. **von 1886, S. 242 ff.**

schluß eintrat. Mindestens von dem Augenblicke an, wo die einzelnen Individuen bei ihrer Ausdehnung sich berühren, muß nun ein Kampf um die Herrschaft beginnen, der, je nach Holzart, Bodenbeschaffenheit usw. mit verschiedener Heftigkeit geführt wird und die bald mehr bald weniger deutlich zutage tretende Trennung in einen dominierenden und einen unterdrückten Bestandesteil zur Folge hat. Meist sehr bald werden bei diesem Prozeß der natürlichen Ausscheidung zunächst einzelne Individuen entschieden vorwüchsig, ebenso wie andererseits auch sehr bald eine Minderzahl unzweifelhaft derart zurückbleibt, daß an ihr normales Emporwachsen ohne das Eintreten besonders begünstigender Umstände nicht mehr zu denken ist. Aber auch bei der vorerst sich noch zwischen diesen Extremen haltenden Hauptmasse zeigt sich doch sehr bald die Scheidung in mehrere Klassen, denen demnächst im Bestandesleben eine sehr verschiedene Rolle zufällt.

Die Ausscheidung vollzieht sich im allgemeinen früher, energischer und mit schärfer markierten Unterschieden auf guten Standorten. Das gleiche gilt von Lichthölzern gegenüber schattenertragenden, bei welchen wenigstens die zurückbleibenden Stammklassen sich meist weniger deutlich in absolut leistungsunfähige umsetzen. Daß die von vornherein gewählte Bestandesdichte hierbei von Einfluß ist, leuchtet ein.

Den schon ganz im Anfang alle Nachbarn überragenden Individuen gesellen sich aus der Zahl der übrigen so viele bei, als neben ihnen genügenden Entwickelungsraum finden. Aber sie erringen sich ihren Platz stets nur durch Kampf mit den Stämmen ihrer Umgebung, die zunächst das gleiche Recht beanspruchen.

Welche Bäume vorwüchsig werden, läßt sich schwer vorausbestimmen. Es gibt in jeder Kultur stets einzelne Exemplare, die sich von vornherein durch besonders kräftigen Habitus auszeichnen, und die Annahme liegt nahe, daß sich diese unter sonst gleichen Umständen dauernd zu Führern im Bestand aufschwingen werden. Solche Individuen sind entweder von Haus aus besser veranlagt [1]), oder sie kommen — und dieses Moment ist jedenfalls das weitaus wichtigere — unter günstigeren äußeren Umständen wie die übrigen zur Entwickelung. Aendern sich die Bedingungen ihres Daseins zu ihren Ungunsten, so kann ein Umsetzen stattfinden, d. h. sie können in die Klasse der zurückbleibenden Stämme verschoben werden, während umgekehrt andere voranstreben. Doch wird dies Ueberholtwerden seltener bei den schon in der ersten Jugend entschieden vorwachsenden als bei Exemplaren der demnächst nachschiebenden großen Masse anfänglich noch mitherrschender Stämmchen eintreten. Auch läßt das Umsetzen schon gegen das Stangenholzalter hin, wenn es nicht durch die Wirtschaftsführung (Aushieb dominierender Exemplare usw.) beeinflußt wird, bedeutend nach und findet, nachdem sich einmal ein kräftiger herrschender Bestand ausgeschieden hat bezw. durch Hilfe der Axt zum Ausscheiden gebracht worden ist, überhaupt nur noch ganz ausnahmsweise statt [2]). Jedenfalls ist der Ausscheidungsprozeß, so lange der Bestand in ungestörter Entwickelung sich selbst überlassen bleibt, ein ohne Sprünge stetig fortdauernder, bis schließlich im höheren (das wirtschaftlich zulässige Maß meist überschreitenden) Alter nur noch so viele Stämme übrig sind, als, ohne sich wechselweise zu beeinträchtigen, auf der Fläche Raum haben.

1) Es ist trotz der gegenteiligen Ausführungen Borggreve's — cfr. u. a. dessen Holzzucht 2. Aufl. S. 293 flgde. — zunächst an der Ansicht festzuhalten, daß doch eine den Existenzkampf der Individuen untereinander beeinflussende verschiedene Veranlagung angenommen und daß die tatsächlich verschiedene Entwicklung der einzelnen Pflanzen nicht nur auf Rechnung der in verschiedenstem Maße günstigen oder ungünstigen äußeren Umstände (Feuchtigkeit, Lockerheit des Bodens, Beschädigungen mannigfachster Art etc.), unter denen die Pflanzen wachsen, gesetzt werden darf. Selbst die allersorgfältigst, durchweg gleichmäßig (z. B. mit Hilfe von Rasenasche u. dergl.) zubereiteten Saatbeete lassen alsbald an den erwachsenen Pflänzlingen oft recht merkliche Unterschiede hervortreten; warum sollten diese nicht wenigstens zum Teil auf das Samenkorn, bezw. die dem Individuum in verschiedenem Maße innewohnende Kraft zurückgeführt werden dürfen? Die Analogie im Tierreich liegt doch zu nahe. Daß dieser Grund nicht der wichtigste ist, daß er nicht bis ins höhere Alter fortwirkt, sofern jene Schwächlinge von Haus aus die zuerst unterliegenden sind, daß vielmehr, sobald der Bestandesschluß erfolgt ist und die ersten Ausscheidungen sich vollzogen haben, in der Hauptsache äußere Umstände die Verschiedenheit in der Entwickelung der Individuen bedingen, ist einleuchtend, wird auch kaum anders angesehen.

2) Wichtig für das Prinzip der Weiserverfahren bei Aufstellung von Ertragstafeln: es genügt vollständig, wenn etwa vom mittleren Bestandesalter an die höchsten und stärksten Stämme auch die vorwachsenden bleiben. Zu vergl. Bühler, Dr., Untersuchungen in einem Fichtenbestande etc. Allg. F.- u. J.-Z. 1886 S. 1 ff.

Der Vorgang ist ein durchaus naturgemäßer, der sich in jedem Bestande, von dem die wirtschaftende Hand des Menschen fern bleibt, zwar in vielfach modifizierter Weise, im ganzen aber doch unter den gleichen charakteristischen Erscheinungen abspielt. Hinter den zur Herrschaft gelangenden Stämmen bleiben die anderen mehr und mehr zurück, bis sie als völlig unterdrückte nur noch kümmerlich ihr Dasein fristen, um endlich ganz abzusterben. Inzwischen ist unter den herrschenden Individuen der Kampf fortgesetzt worden. Das Zurückdrängen bislang dominierender Stämme in die geringeren Stammklassen erreicht innerhalb der allgemein üblichen Umtriebszeiten ein Ende ohne Zutun der Wirtschaft überhaupt nicht. Die jeweils dominierenden bezw. am Kronenschluß noch teilnehmenden Stämme bilden den Hauptbestand, die übrigen den Nebenbestand. Daß trotz dieses andauernden Kampfes massenreiche, hochwertige Bestände erwachsen, ist zweifellos. Ebenso unzweifelhaft ist es aber, daß — wie die Wirtschaft überhaupt sich mit der Leistung der Natur nicht begnügen kann, sondern sich deren Wirken dienstbar machen muß, indem sie die Produktionskraft, soweit tunlich, in bestimmte Bahnen leitet — gerade jener Kampf um die Herrschaft im Leben des Bestandes für zielbewußtes Eingreifen des Wirtschafters eine der am meisten Erfolg versprechenden Gelegenheiten darbietet. Es gilt, dadurch, daß man den Streit der Stämme abkürzt, ihm womöglich vorbeugt, einen nutzlosen Kräfteverbrauch hintanzuhalten und eine bestimmte Qualität des Bestandes möglichst rasch zu erreichen. Dazu dienen vornehmlich die Durchforstungen, deren Zweck es also sein muß, fortgesetzt in angemessenen Zwischenräumen dem Bestand so viel Stämme zu entnehmen, daß den übrigen dadurch in möglichst kurzer Frist eine normale Ausbildung ermöglicht wird.

Die Wirtschaft hat diejenigen Stämme zu bestimmen, welche weiter wachsen sollen. Unter welchen Umständen letzteres geschehen soll, ob die gegenseitige Spannung zwischen den Nachbarstämmen zeitweise oder dauernd ganz aufgehoben oder nur verringert werden soll, bezüglich bis zu welchem Grade, welche Stammklassen dem Aushieb vorzugsweise zum Opfer fallen sollen, welche Modifikationen je nach den besonderen Umständen des einzelnen Falles angebracht erscheinen, alles dies sind Spezialfragen der Ausführung. Jedenfalls ist eine Durchforstung, welche sich — wie früher vielfach und hier und da auch jetzt noch — nur auf die Entfernung abgestorbenen oder völlig unterdrückten Holzes erstreckt, als eine die Entwickelung des Bestandes fördernde Maßregel nicht anzusehen. Solches Material, das von den Nachbarn bereits vollständig überwachsen ist, kann diesen nicht mehr wesentlich schaden, wenn auch ab und zu ein solcher Stamm mit seiner Beastung noch die seitliche Ausbreitung eines nebenstehenden hindert. Hiernach sollte die nur auf völlig unterdrücktes Holz gerichtete Durchforstung mindestens dann, wenn einem stärkeren Eingriff keine Bedenken bezüglich der Bodenpflege oder der Ausbildung der Stämme im stehenbleibenden Bestandesteil im Wege stehen, ein überwundener Standpunkt sein. Ein zu starker Aushieb kann unzweifelhaft die fernere Entwickelung des Bestandes schädigen; aber ein Gewinn für den Bestand kann durch die Durchforstung doch nur dann erzielt werden, wenn sie als vorbeugende Maßregel erscheint oder mindestens den zum Fortwachsen bestimmten Stämmen während ihres Ringens mit den Nachbarn tätige Hilfe bringt, nicht aber dann, wenn sie stets nachhinkt, indem sie nur die bereits Unterlegenen beseitigt [1]).

Ist aber auch die Durchforstung in erster Linie als eine der Bestandeserziehung, der Massen- und Wertssteigerung dienende Wirtschaftsoperation zu betrachten, so ist sie doch zugleich auch zu anderen Zwecken bestimmt, indem sie

a) eine oft sehr bedeutende Holznutzung gewährt,

b) die Bestände gegen eine Reihe von Gefahren sicher zu stellen sucht und

c) die Bodentätigkeit in günstigster Weise beeinflußt.

Zu a) Die Ergebnisse der Durchforstungen stellen Vor(= Zwischen)nutzungen

---

1) Von dieser Auffassung ausgehend konnte man bei den vom Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten eingeleiteten Durchforstungs-Versuchen die schwächste (A-)Durchforstung des Arbeitsplanes (Beseitigung nur der absterbenden und abgestorbenen Stämme) füglich ganz beiseite lassen, wie dies z. B. seitens der Württembergischen Versuchsstation tatsächlich fast überall geschehen ist.

dar, deren rechnerische Behandlung (Bedeutung für die Rentabilität des Betriebs) in der Waldwertrechnung nachzuweisen ist. An dieser Stelle sei nur ganz im allgemeinen darauf hingedeutet, daß sie in ihren Nachwerten die Erträge steigern und den Produktionsfonds entlasten, und daß in diesem Einfluß jedenfalls unter Umständen ein vollwertiges Motiv zugunsten stärkerer Vornahme der Durchforstungen erblickt werden muß. Wie groß, absolut genommen, die bei den Durchforstungen eingehenden Werte sind, läßt sich, ganz abgesehen von dem nach Standort, Holzart usw. abweichenden Verhalten der Bestände, angesichts der bei ihrer wirtschaftlichen Behandlung herrschenden Verschiedenheit, sowie der unendlich wechselnden Absatzgelegenheiten auch nicht in Gestalt von durchschnittlichen Beträgen mit annähernder Sicherheit angeben. Im einzelnen finden sich zahlreiche Mitteilungen in unserer forstlichen Literatur[1]), welche aber aus den angedeuteten Gründen nur mit Vorsicht von einem Fall auf einen anderen übertragen werden dürfen. Nicht einmal hinsichtlich der anfallenden Massen lassen sich allgemein brauchbare Angaben machen. Je nach Gütegrad des Bestandes und Standortes und Durchforstungsstärke schwanken die Vorerträge zwischen 25 und 50 % des Gesamtertrages. Das neuere, auf stärkere Eingriffe während der zweiten Umtriebshälfte zukommende Durchforstungsverfahren ergibt im allgemeinen zwischen 35 bis 50 % des Gesamtertrages liegende Vorerträge und steigert diese in einzelnen Fällen bis 60 % der Gesamtmasse.

Um die Verschiedenheit im Werte des Durchforstungsmaterials an einzelnen Beispielen zu zeigen, braucht man nur an die auch für die geringsten Sortimente in großen Städten gebotene Verkaufsgelegenheit gegenüber der oft absoluten Unverwendbarkeit derselben im Inneren großer, wenig aufgeschlossener Waldungen oder an die Bedeutung des Handels mit Hopfenstangen in hopfenbautreibenden Gegenden zu erinnern im Gegensatze zu solchen Gebieten, denen diese Absatzquelle fehlt usw.

Zu b) Zu den Gefahren, gegen welche die Durchforstungen einen Schutz gewähren bezw. gewähren können, gehören u. a. Feuer, Insektenbeschädigungen, Wind, Schnee. Wie hoch im einzelnen dieser Vorteil anzuschlagen ist, bleibt der Beurteilung des „Forstschutzes" überlassen. Daß aber überhaupt durch Entfernung abgestorbenen und unterdrückten Holzes die Feuersgefahr verringert sowie manchen Insektenbeschädigungen vorgebeugt wird, liegt auf der Hand; nicht minder, daß durch fleißigen Aushieb der mit fruktifizierenden Hexenbesen behafteten Bäume in Tannenbeständen der Verbreitung der Krebsbildung entgegengewirkt wird. Von allgemeinerer und größerer Bedeutung ist, daß durch zweckentsprechende rechtzeitige und öfter wiederkehrende Durchforstungen die Widerstandsfähigkeit der Bestände gegen Sturm und Schneeschaden[2]) gefördert wird.

1) Siehe z. B. Vorertragstafeln von Danckelmann für Kiefern-, Fichten- und Rotbuchen-Hochwald (Zeitschrift für Forst- u. Jagdwesen 1887 S. 73 ff.). Daselbst sind angegeben als Durchschnitts-Massenertrag der sämtlichen Vornutzungen in Prozenten des Haubarkeitsertrags für Kiefer und Fichte ca. 40 mit geringer Schwankung in den verschiedenen Güteklassen, für Buche ca. 35. — Vergl. ferner Kunze, „Ueber den Einfluß verschiedener Durchforstungsgrade auf den Wachstumsgang der Rotbuche" (Tharandter Jahrbuch 1884 S. 37 ff.). Daselbst werden die Ergebnisse eines 21 Jahre lang fortgesetzten Versuchs mitgeteilt. — Ferner: Die neueren und neuesten Ertragstafeln für Fichte (Baur 1877, Kunze 1877, Schwappach 1890 und 1902, Schiffel 1904, Flury 1907), Kiefer (Weise 1880, Kunze 1884, Schwappach 1889 und 1908, Vorkampff-Laue 1904, Wimmenauer 1908), Buche (Baur 1881, Schuberg 1894, Schwappach 1893 und 1911, Wimmenauer 1893 und 1911, Grundner 1904, Flury 1907).

2) Bedeutende Schneebrüche des Winters 1885/86 und noch weit umfassendere des Winters 1886/87 (z. B. in den Waldungen — bes. ca. 25jährigen Nadelholzhegen — des Schönbuchs nördlich von Tübingen, worüber A. F.- u. J.-Z. 1887 S. 286 zu vergleichen) konnten freilich an der günstigen Wirkung der Durchforstungen in dieser Richtung Zweifel aufkommen lassen, da durchforstete und nicht durchforstete Orte in gleicher Weise verwüstet worden sind. Aber es waren meist kurz vorher durchhauene Bestände, welche neben den unberührten gelitten haben; wahrscheinlich, daß sich, wenn allgemein schon in früherem Alter in Absicht auf die Schneegefahr eine durchgreifende Reinigung vorgenommen worden wäre, die Beschädigungen weniger intensiv

Zu c) Von nicht zu unterschätzender Wichtigkeit ist der schon S. 16 erwähnte Einfluß, den der mit der Durchforstung verbundene vermehrte Wärme- und Luftzutritt zum Boden auf die Zersetzung der Streu ausübt. Je mehr Standort, Holzart und Bestandesverfassung die Ansammlung von Trockentorfmassen wahrscheinlich machen, um so mehr muß durch rechtzeitige und genügende Schlußunterbrechung den atmosphärischen Verwesungsfaktoren Zutritt zum Boden verschafft werden. Die mit der normalen Streuzersetzung verbundene Kohlensäurebildung dient der Erschließung der Bodennährstoffe in gleichem Maße wie die durch Verwesung der Wurzeln herbeigeführte Bodenlockerung und Bodendurchlüftung.

§ 77. III. Grundsätze bei der Ausführung der Durchforstungen: Für den Durchforstungsbetrieb sind drei Fragen zu beantworten, nämlich: 1. wann soll man mit den betreffenden Aushieben beginnen? 2. wie stark soll man sie greifen? und 3. wie oft soll man sie wiederholen? Die von Karl Heyer in dieser Hinsicht gegebene Regel lautet: früh, mäßig und oft! Georg Ludwig Hartig war für stete Erhaltung des Schlusses, Cotta hingegen im Interesse der Zuwachsförderung für eine Unterbrechung desselben.

A. Beginn der Durchforstungen: Bei der Entscheidung über den richtigen Zeitpunkt des Durchforstungsbeginns muß man, da die Durchforstungen in erster Linie wegen ihrer günstigen Einwirkung auf die Entwickelung des Hauptbestandes vorzunehmen sind, zunächst immer die für letzteren zu erwartenden Vorteile ins Auge fassen und darf nötigenfalls selbst eine Zubuße an Arbeitsaufwand nicht scheuen, wenn sich der Ausfall durch raschere Erstarkung des verbleibenden Bestandteiles bezahlt macht. Ueberhaupt darf man die Bilanz nicht jedesmal für die einzelnen Durchforstungen ziehen, sondern muß deren Erträge und Kosten für die ganze Lebensdauer des Bestandes zusammenrechnen und erst die Summen vergleichen[1]). Hierbei hat eine Vernachwertung der Erträge mit Zinseszinsen stattzufinden und zu dieser Summe ist der Abtriebsertrag zu addieren. Unter sonst gleichen Umständen ist derjenige Durchforstungsbetrieb der beste, welcher zu einem Maximum der Gesamtleistung führt.

Es ist allerdings angenehm, wenn sich solche Wirtschaftsoperationen wie die Durchforstungen gewissermaßen aus sich selbst heraus bezahlt machen, aber ein Hindernis für frühzeitigen Beginn darf im Kostenpunkt nur in beschränktem Maße gefunden werden. Andererseits kann sehr wohl der gänzliche Mangel an Absatz für das zu gewinnende schwache Material, sowie das Fehlen der nötigen Arbeitskräfte da und dort der Vornahme einer Durchforstung erheblich im Wege stehen.

Berücksichtigt man die Gefahren, welchen gerade die dichtgeschlossenen Jungwüchse ganz besonders ausgesetzt sind (Feuer, Schneedruck), so muß man im allgemeinen einem möglichst frühzeitigen Anfang des Durchforstungsbetriebs das Wort reden. Einen absolut geeignetsten Zeitpunkt kann man aber dafür weder ganz allgemein angeben, noch auch nur für einzelne Holzarten oder Standortskategorien bestimmt bezeichnen. Das entscheidende Wort hat das Aussehen des einzelnen Be-

---

gezeigt hätten. Hinsichtlich der Schneebruchgefahr in ihren Beziehungen zur Durchforstung ist eine sehr beachtenswerte Studie von Professor Dr. Bühler erschienen (Forstwiss. Zentralblatt, Sept.-Oktbr. von 1886 S. 485 ff.), worin aus mechanischen Gründen hauptsächlich die Gefährlichkeit unsymmetrisch entwickelter Kronen (einseitige Belastung durch Schnee) betont wird. Eine dem Schneebruch entgegenwirkende Durchforstung hat vorzugsweise die Schaffung gleichmäßig ausgebildeter Kronen ins Auge zu fassen. Bühler sieht in der Durchforstung entschieden ein Mittel gegen Schneebruchschäden, eine Ansicht, die durch die Erfahrungen der Praxis als richtig sich erwiesen hat und nur dann widerlegt erscheint, wenn plötzlich und sprungweis stark durchforstet wird und die so behandelten Bestände bald nach Ausführung der Durchforstung von größerem Schneefall betroffen werden.

2) Man vergleiche Fischbach im forstw. Zentralbl. von 1885 S. 553.

standes zu sprechen. Modifiziert wird aber das in ihm liegende Gebot jederzeit durch die Möglichkeit der Ausführung, für welche die oben angedeuteten Gesichtspunkte (Arbeitskräfte, Absatz etc.) maßgebend werden.

Tatsächlich wird, nach Beendigung der Reinigungshiebe, im großen Betrieb mit den Durchforstungen auch bei Lichtholzarten kaum vor dem 15.—20. Lebensjahre begonnen, während bei Schattenhölzern, Buche, Fichte und insbesondere Tanne, oft bis ins 25., 30. Lebensjahr, ja noch länger zugewartet wird, obwohl es keinem Zweifel unterliegt, daß auch (und vielleicht in hervorragendem Maße) diese Holzarten für recht frühzeitiges Eingreifen sehr dankbar sind.

§ 78. B. Stärke des Eingriffs und Wiederholung: Die Antworten auf die beiden bezüglichen Fragen sind insofern von einander abhängig, als es die häufigere Wiederkehr in den nämlichen Bestand gestattet, mit dem einzelnen Hieb weniger kräftig vorzugehen, ohne daß der mehrfach betonte Hauptzweck der Durchforstungen, die Vermeidung zu gedrängten Schlusses, vereitelt wird. Ja, wenn man erwägt, daß zur normalen Ausbildung des Einzelbaumes immer nur ein gewisses Maß an Standraum erforderlich ist, während eine weitergehende Unterbrechung des Kronenschlusses je nach Umständen für den Boden bedenkliche Folgen haben kann, so muß man einräumen, daß es am rationellsten ist, die Durchforstungen zwar recht oft, aber jedesmal nur in solchem Umfange vorzunehmen, wie es die vollkräftige Entwickelung des Hauptbestandes gerade erheischt. Jedesmal, wann wieder Kronenspannung eintritt, sollte von neuem eingegriffen werden.

Meist gestaltet sich die Praxis des Durchforstungsbetriebes so, daß man in Zwischenräumen von 5—10 Jahren, manchmal noch seltener in die Bestände wiederkehrt. Zeit- und Arbeitsaufwand, Uebersichtlichkeit der Wirtschaft, zeitweise Ruhe in den Beständen usw. sind die Gründe gegen kürzere Perioden. Es ist naheliegend, daß man den Unzuträglichkeiten, die mit zeitlich weiter auseinander liegenden Durchforstungen im Hinblick auf den Erziehungszweck verbunden sind, zu begegnen sucht, indem man im einzelnen Falle stärker durchforstet.

Mit jener Regel bezüglich der Wiederholung und den sie begründenden Erwägungen ist aber keineswegs auch schon die Frage nach der zweckmäßigsten Stärke des einzelnen Aushiebs beantwortet. Die Aufgabe der Durchforstung ist eine zweifache: einerseits ist der jetzt erwachsende Bestand zur höchstmöglichen Vollkommenheit herauszuarbeiten und zweitens ist die Bodenkraft ungeschmälert, tunlichst sogar noch erhöht an die nachfolgende Umtriebszeit zu überliefern. Beide Aufgaben stehen sich in ihren Zielpunkten keineswegs gegenüber, sondern gehen hierin Hand in Hand, denn eine sorgsame Schonung des Bodens kommt auch dem jetzt lebenden Bestande zu gute. Wohl aber sind die Mittel, mit denen hinsichtlich der beiden Zwecke gearbeitet wird, verschieden. Der Bodenschutz verlangt im allgemeinen (d. h. von den Fällen zu großer Nässe und zu mächtiger Trockentorfanhäufung abgesehen) dichteren Bestandesschluß, während sich die möglichst rasche Erstarkung der Bäume nur bei Gewährung entsprechenden Wachsraumes, also nach Aufhebung stärkerer Kronenspannung vollziehen kann. Fraglich ist, inwieweit auf gegebener Fläche die quanti- und qualitative Zuwachsleistung einer geringeren Anzahl mehr räumlich stehender Bäume, deren jeder dann mit vermehrter Energie arbeitet, durch die Massen- und Wertsmehrung[1]) einer größeren Anzahl gedrängter stehender, im einzelnen geringerer Stämme aufgewogen werden kann. Alle theoretische Erörterung kann sich nur um diese Frage drehen, da man sich für dasjenige Verfahren zu entscheiden hat, welches unter voller Berücksichtigung des Gesamtaufwandes — Bodenkraft, Arbeit, Zeit, Holzvorratskapital — die höchsten Werte erwirtschaftet. Hiernach also ist die Stärke des jeweiligen Eingriffes zu bemessen.

1) Es wird unterstellt, daß der beim Verkauf erzielte Preis der äußere Ausdruck für Wert und Gebrauchsfähigkeit der erzeugten Ware ist; wenigstens hat die Wirtschaft für die Beurteilung ihrer Maßnahmen zunächst keinen anderen brauchbaren Maßstab als den im Erlös beim Produktenverkauf erreichten tatsächlichen Geldertrag.

Der Wirtschaft im Walde ist mit diesen allgemeinen Erwägungen jedoch nicht gedient; sie fordert greifbare Anhaltspunkte.

Um solche zu gewinnen, hat man mehrfach versucht, die verschiedenen in einem Bestande vorkommenden Stammklassen genau zu definieren. Derartige Klassifizierungen sind schon frühzeitig unternommen worden. So oft man für die Durchforstungen gewisse Regeln begründen wollte, mußte man von einer bezüglichen Unterscheidung ausgehen. So spricht z. B. Cotta (Waldbau, 9. Aufl. S. 91) von abgestorbenen, absterbenden, unterdrückten, beherrschten und herrschenden Stämmen. — Die zur Klärung aller einschlagenden Verhältnisse von dem Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten beabsichtigten Durchforstungsversuche beruhen auf einem Arbeitsplane, welcher 1902 beschlossen wurde und in der Zeitschr. f. F.- u. J.-Wesen 1902, S. 668 abgedruckt ist. Er führt folgende Klassen auf:

I. Herrschende Stämme, welche an dem oberen Kronenschirm teilnehmen und zwar 1. Stämme mit normaler Kronenentwickelung und guter Stammform, 2. Stämme mit abnormer Kronenentwickelung oder schlechter Stammform, a) eingeklemmte Stämme (kl), b) schlechtgeformte Vorwüchse (vo), c) sonstige Stämme mit fehlerhafter Stammausformung, insbesondere Zwiesel (zw), d) sogenannte Peitscher (pt), e) kranke Stämme (kr).

II. Beherrschte Stämme 3. zurückbleibende, 4. unterdrückte, 5. absterbende und abgestorbene.

Die Durchforstungen entfernen die Stammklassen 5—2 zum Teil oder ganz, Stämme der Kl. 1 nur ausnahmsweise, soweit dies zur Auflösung von Gruppen notwendig erscheint.

Nach Art und Grad der Durchforstungen werden unterschieden:

I. Niederdurchforstung. 1. Schwache Durchforstung (A-Grad): entfernt nur die abgestorbenen und absterbenden Stämme, sowie die niedergebogenen Stangen. 2. Mäßige Durchforstung (B-Grad): entfernt die Klassen 5, 4 und einen Teil von 2. 3. Starke Durchforstung (C-Grad): entfernt alle Stämme mit Ausnahme der Klasse 1.

II. Hochdurchforstung. 1. Schwach (D-Grad): beschränkt sich auf den Aushieb der abgestorbenen und absterbenden, niedergebogenen, ferner der schlechtgeformten und kranken Stämme, der Zwiesel, Sperrwüchse, Peitscher, sowie derjenigen Stämme, die zur Auflösung von Gruppen gleichwertiger Stämme entfernt werden müssen (Kl. 5, ein großer Teil von Kl. 2 und einzelne Stämme von Kl. 1). 2. Starke (E-Grad): erstrebt unmittelbar die Pflege einer verschieden bemessenen Anzahl von Zukunftsstämmen und entfernt neben der Klasse 5 und den kranken Stämmen alles, was die gute Kronenentwickelung der Zukunftsstämme behindert (Kl. 5 und Stämme der Kl. 1 und 2).

Eine andere Ausscheidung vollzog Kraft in seinen oben angeführten „Beiträgen zur Lehre von den Durchforstungen", indem er nicht die Verschiedenheit des Höhenwuchses, sondern die Qualität der Krone als das durchschlagende Kriterium ansah. Hiernach ergeben sich folgende Kategorien: 1. vorherrschende Stämme (mit ausnahmsweise kräftig entwickelten Kronen); 2. herrschende (in der Regel den Hauptbestand bildende St. mit verhältnismäßig gut entwickelten Kronen); 3. gering mitherrschende St. (Krone zwar noch ziemlich normal geformt, aber verhältnismäßig schwach entwickelt und eingeengt, oft mit schon beginnender Degeneration — untere Grenze des herrschenden Bestandes); 4. beherrschte Stämme (Krone mehr oder weniger verkümmert, entweder von allen Seiten oder nur von zwei Seiten zusammengedrückt oder einseitig entwickelt), hierunter a) zwischenständige, b) teilweise unterständige Kronen; 5. ganz unterständige Stämme, a) mit lebensfähigen Kronen, b) mit absterbenden und abgestorbenen Kronen. — Hienach kann bestimmt angegeben werden, welche der angeführten Klassen bei der Durchforstung der Nutzung anheimfallen sollen.

Nach allen bisherigen Auseinandersetzungen können nur in bezug auf diejenigen Stämme Zweifel bestehen, welche sich am Kronenschluß im Bestande noch aktiv beteiligen, indem sie über sich noch einen mehr oder minder großen freien Luftraum haben oder sich wenigstens mit ihren Aesten noch in die oberen Partien der Nachbarkronen eindrängen, so daß letztere dadurch in ihrer seitlichen Ausbildung behindert sind. Was an Bäumen bereits vollständig unterdrückt ist, darf — unter Nichtbeachtung des geringen Nährstoffverbrauchs, welcher für den unbedeutenden Zuwachs erforderlich ist — als für die Bestandeserziehung gleichgültig betrachtet werden. Die Zuwachsleistung der mehr oder weniger unterständigen Stämme ist eine äußerst geringfügige; 80—90 Prozent der Gesamtzuwachsleistung entfallen auf den Hauptbestand.

Die Ansichten darüber, wie weit man den Kronenschirm lockern soll, gehen sehr auseinander. Wer für Unterlassen jeder Durchforstung oder für nur ganz schwaches Eingreifen eintritt und damit sich weigert, den Kronenschluß überhaupt irgendwie

zu unterbrechen, kann sich nur auf möglichst weitgehende Sorge für den Bodenschutz, sowie für Ausbildung glattschaftiger, astreiner, schlanker Nutzholzstämme berufen. Bei räumlicherer Stellung produzieren die einzelnen Stämme in den heranwachsenden Beständen, ausweislich aller neueren Untersuchungen, mehr Masse als in den nicht oder nur ganz schwach durchforsteten Beständen. Andererseits beruht aber der Wert stärkerer Durchforstungen, wie die Ergebnisse aller Versuchsflächen bestätigen, nicht in einer Steigerung der Gesamtmassenproduktion, sondern lediglich in einer Wertsmehrung. Die Gesamtmassenleistung der Bestände bleibt dieselbe, gleichviel ob mehr oder weniger stark durchforstet bezw. gelichtet wird. Wir erzeugen nicht mehr Masse [1]), wenn wir die besten Stämme frühzeitig und nachhaltig umlichten, der Gesamtzuwachs wird aber auch nicht kleiner, solange bei der Lichtung nicht unter die zulässige Grenze der Stammzahl herabgegangen worden ist. Der Wert stärkerer Durchforstungen beruht in der Konzentrierung des Zuwachses auf eine geringere Stammzahl. Das ist gleichbedeutend mit rascherer Stärken- und Wertszunahme dieser Stämme und umschließt Erhöhung der Rentabilität, wenn sonst die technische Verwendbarkeit des in der größeren Freistellung erwachsenen Holzes nicht gelitten hat. Die Zukunft des Waldes aber liegt, wie Heck (Freie Durchforstung 1904, S. 63) sagt, nicht in der Massen-, sondern in der Wertwirtschaft. Dieses auch im Worte „Nutzholzerziehung" ausgedrückte Leitmotiv des neuzeitlichen Wirtschaftswaldes führte die Durchforstungstechnik von selbst auf die schwerwiegenden Unterschiede, die in der Behandlung der verschiedenen Holzarten infolge ihrer auseinander gehenden physiologischen und biologischen Eigenschaften zu beachten sind. Unter Berücksichtigung dieser Verschiedenheiten wurden vielfach für die verschiedenen Altersstufen des Bestandes verschiedene Durchforstungsnormen aufgestellt. Im allgemeinen gilt jetzt der Grundsatz, den Bestand bis zur Vollendung seines Hauptlängenwachstums [2]) in Schluß zu halten und erst späterhin mit stärkeren Eingriffen zu beginnen. Der Bestand soll dadurch veranlaßt werden, in der ersten Periode seines Lebens Stämme auszubilden, die bis zu einer gewissen Höhe über dem Boden astrein [3]) sind. Der vorangehenden Pflege der Schaftform, d. h. der Ausbildung von Astreinheit, Geradschäftigkeit und Vollholzigkeit, folgt dann die Pflege der Stärkenzunahme durch Vergrößerung des Wachs- und Kronenraumes. Unleugbar hat dieses Verfahren vollste Berechtigung bei allen jenen Holzarten, die nicht, wie Lärche, Fichte und Tanne, über ein bis in hohe Alter anhaltendes Schaftlängenwachstum verfügen, sondern, wie unsere wirtschaftlich beachtenswertesten Laubhölzer und Kiefer, zur Verästelung des Schaftes, Kronenausbreitung und Kurzschaftigkeit hinneigen, sobald sie von Jugend auf freien Wachsraum haben. Hier bewirkt die Erziehung im Schluß bis zur Vollendung des Hauptlängenwachstums ein Hinausschieben der Krone, ein

---

1) Nur bei der Rotbuche fand Schwappach (d. Rotbuche 1911, S. 171) auf den nach den Grundsätzen der schwachen Hochdurchforstung behandelten Flächen der 3 ersten Standortsklassen gegenüber den im gewöhnlichen Schluß gehaltenen Flächen eine absolute Mehrproduktion an Derbholz bei 100jähr. Umtriebe von durchschnittlich 15%, bei 120jähr. Umtriebe sogar von 19%.

2) Der laufend jährliche Höhenzuwachs kulminiert nach den neueren Ertragstafeln für die Fichte durchschnittlich mit 40—50, die Buche mit 30—35, Kiefer 15—20, Tanne 50—70 Jahren, der durchschnittliche Höhenzuwachs bezüglich im Alter von 60—80, 40—50, 30 und 70—100 Jahren.

3) Die einzelnen Holzarten verhalten sich in dieser Hinsicht sehr verschieden. Die unteren Zweige sollen absterben, bevor sie zu stark geworden sind, um demnächst noch abgestoßen zu werden; sie sollen keine Hornäste im Holz zurücklassen. Bei Lichthölzern erfolgt das Absterben naturgemäß rascher; Laubhölzer stoßen die starken Aeste meist leichter und vollständiger ab als Nadelhölzer, unter welchen namentlich die Fichte sich nur bei dichtem Schluß entsprechend schnell und vollständig reinigt.

Strecken des ganzen Baumes und ist das einzige Mittel, um das Laubholz und die Kiefer zur Ausbildung nutzholztüchtiger Schaftformen zu zwingen.

Anders liegen die Verhältnisse bei Lärche, Fichte und Tanne. Bei ihnen wirkt eine größere Lichtstellung in der Jugend nicht verzögernd, sondern anregend und fördernd auf den Höhenwuchs ein. Hierzu gesellt sich eine Förderung des Stärkenzuwachses, weil mit dem größeren Wachsraum die Ausbildung einer größeren Krone in Verbindung steht. Umgekehrt werden die genannten Nadelhölzer bei Schlußerziehung an der Ausbildung und Erhaltung einer für ihre spätere Erstarkung notwendigen Krone gehindert. Da den Nadelhölzern größere Mengen entwickelungsfähiger Adventivknospen nicht zur Verfügung stehen, ist es ihnen nicht möglich, eine infolge dichten Jugendschlusses verloren gegangene Krone im späteren freieren Stande so zu ersetzen, daß der für eine nennenswerte Stärkenzunahme notwendige Assimilationsapparat vorhanden ist. Es ist daher verständlich, wenn Schiffel[1]) in Anlehnung an die vom Forstmeister Bohdanecky auf der Herrschaft Worlik in Böhmen schon länger geübte Praxis für die Erziehung von Fichte, Tanne und Lärche gerade die entgegengesetzten Regeln aufstellt wie für die Erziehung der Laubhölzer und der Kiefer. Die letzteren sind dicht in der Jugend, licht im Alter, Fichte, Tanne und Lärche aber licht in der Jugend und dichter im Alter zu erziehen. Neben sehr weitständiger Bestandesbegründung verlangen Schiffel für Fichte und Mer[2]) für Tanne starke Schlußunterbrechungen in der Jugend. Der Bestandesschluß und damit der Beginn der Reinigung soll bei der Fichte bei 5 m, auf den besseren Standorten erst bei 8 m Mittelhöhe eintreten. Die mit dem Schließen der Kultur infolge der Reinigung einsetzende Kronenverkürzung soll dann durch rechtzeitig eingelegte und öftere Durchforstungen so verzögert werden, daß die Stämme des Hauptbestandes im Haubarkeitsalter noch zuwachskräftige, 3 bis 4 Zehntel der Schaftlänge einnehmende Kronen aufweisen. Die von Schiffel empfohlene freiwüchsige Jugenderziehung ist natürlich nur dann zulässig, wenn Gefährdung der Bodenkraft ebenso wie Grobästigkeit, Weitringigkeit und Schwammigkeit, also allgemein gesagt, Qualitätsminderung des Holzes nicht zur Gefolgschaft der genannten Erziehungsmethode gehören. Sie ist weiter an die Voraussetzung gebunden, daß die gesteigerte Massenleistung, das entsprechend niedrige Abtriebsalter und der höhere Prozentsatz Starkholz der freiwüchsig erzogenen Bestände tatsächlich den Mehraufwand an Arbeit und Geld ersetzen, der durch die frühzeitigen und öfter wiederholten, doch nur geringwertiges Material abwerfenden Durchreiserungen und Durchschneidungen und durch Verringerung der besser absetzbaren Durchforstungswerte verursacht wird. Eine so intensive Bestandspflege, wie zur Erreichung der Vorteile der freiwüchsigen Jugenderziehung nötig ist, ist an günstige Arbeiter- und Absatzverhältnisse gebunden. Außerdem kommt hinzu, daß die Vornutzungen bei der Schiffel'schen Methode nach Masse und Wert fühlbar sinken. Wie weit sich speziell dieses Moment in der Rentabilität bemerkbar macht, darüber entscheiden die jeweils vorliegenden volkswirtschaftlichen Verhältnisse. Es ist sicher, daß die hervorgehobenen Voraussetzungen für erfolgreiche Anwendung der freiwüchsigen Jugenderziehung keineswegs überall vorhanden sind, und es ist zu erwarten, daß die forstliche Praxis im großen und ganzen

---

1) A. Schiffel, Wuchsgesetze normaler Fichtenbestände. Heft 29 der „Mitteilungen a. d. forstl. Versuchswesen Oesterreichs". — Ders. über Bestandserziehung. Zbl. f. d. ges. Forstwesen 1906, 333, 405. — Schwappach, Wie sind junge Fichtenbestände zu durchforsten. Ztschr. f. Forst- u. Jagdw. 1905, S. 11. — Rebel, Die Worliker Bestandserziehung. Forstwiss. Zbl. 1905, 239.

2) Mer, Moyens d'accroître la production de bois d'oeuvre. Revue des eaux et forêts 1905, 513.

auch bei der Pflege der Fichten-, Tannen- und Lärchenbestände an dem Grundsatz festhalten wird, dem Durchforstungsbetriebe nicht vor, sondern erst nach der Periode des Hauptlängenwachstums größere Freiheit zu gewähren. Damit soll der absoluten Schonung des Hauptbestandes während der Jugendperiode des Bestandes aber keineswegs das Wort geredet sein. Das bei der Bestandeserziehung mehr und mehr in den Vordergrund tretende Prinzip der Schaftpflege verlangt vielmehr eine möglichst frühzeitige Beseitigung aller jener Glieder des Hauptbestandes, die mit irgend einer unerwünschten Eigenschaft behaftet sind. Zu diesen gehören nicht nur die kranken und schlechtformigen Stämme, sondern unter Umständen auch ein Teil der vorwüchsigsten und damit meist auch stärksten Stämme. Der Tatsache, daß solche Vorwüchse sehr oft nicht über die besten Schaftformen verfügen, namentlich nicht bei Buche und Kiefer, tritt noch der weitere Nachteil zur Seite, daß durch sie oft eine mehr oder minder große Anzahl von entwicklungsfähigen, zuwachstüchtigen Nachbarn zurückgehalten wird. Die rechtzeitige Entfernung dieser Vorwüchse („Protzen" im Sinne Borggreves) bedeutet für den Bestand trotz der Entnahme eines Teiles der zuwachskräftigsten Individuen keine Einbuße, sondern Gewinn an Zuwachs, einen Gewinn, der sowohl in der Massenleistung wie auch in der Nutzholz-, also Wertsmehrung zum Ausdruck kommt, wenn, wie wohl selbstverständlich, in erster Linie den schlechtformigen Vorwüchsen zu Leibe gegangen wird. Der Wert dieses von Borggreve in seiner Plenterdurchforstung (s. dort) vertretenen Gedankens der Entnahme vorwüchsiger Stämme zu gunsten besserer, entwickelungsfähiger Nachbarn tritt umsomehr hervor, je jünger die Bestände sind, in denen er bei der Bestandspflege zur Richtschnur genommen wird. Er findet neuerdings Beachtung in der Hochdurchforstung und hat sich nach Ausweis der jüngeren Ertragstafeln von Schwappach (s. Fußnote 1 S. 168) namentlich bei der Erziehung jener Holzarten bewährt, bei denen Sperrwüchse und schlechte Stammformen häufiger sind, d. s. Buche, Eiche und Kiefer.

Wägt man die außerordentlich zahlreichen Erfahrungen, die mit den verschiedenen Graden der Durchforstung gemacht worden sind und die ein reiches Für und Wider umschließen, sorgfältig ab, so kommt man zu dem Schluß, daß im allgemeinen ein kräftiges Eingreifen in Form der starken Niederdurchforstung, vielfach besser noch in Form der schwachen Hochdurchforstung, also ein Eingreifen, das eine zeitweise Unterbrechung des Kronenschlusses nicht scheut, die Regel zu bilden hat, wenn für die Pflege des Abtriebsbestandes und dessen Entwickelung wirklich etwas geleistet werden soll, während die auf die unterdrückten Stämme sich beschränkende mäßige oder gar die schwache, nur die abgestorbenen und absterbenden begreifende Durchforstung als Ausnahmen zu betrachten sind, für deren Berechtigung im einzelnen Falle bestimmter Nachweis verlangt werden muß. Dies gilt, wenn nicht schon für die allerersten Durchforstungen, so mindestens vom angehenden Stangenholzalter ab. Abweichungen bleiben vorbehalten, und es wird niemand darüber zweifelhaft sein, daß solche gerade in jüngeren Beständen häufig geboten sind. Wie weit übrigens die einzelne Durchforstung mit der Lockerung im Kronendach gehen soll, ist, wie schon oben angedeutet wurde, wesentlich von der Häufigkeit der Wiederholung abhängig. Die Durchforstung soll nicht den Charakter eines Lichtungshiebes annehmen; aber es ist zu beachten, daß ein solcher noch lange nicht vorliegt, wenn vorübergehend die Sonne da und dort im Bestande zum Boden dringen kann, während nach wenigen Jahren schon wieder volle Kronenspannung zu erwarten steht. Mehr als zwei Zehntel der Bestandesmasse wird man, Kronenschluß ohne Ueberfüllung, d. h. ohne merkliche gegenseitige Beengung, vorausgesetzt, auch bei starken Eingriffen kaum auf einmal entfernen, hiermit aber auch meist schon einen Zustand erzielen, bei dem sich der

bleibende Bestandesteil einer normalen Entwickelung erfreut. Das richtige Maß würde erreicht sein, wenn bis zur nächsten Durchforstung jene mäßige Spannung, bei welcher die Bäume mit möglichst allseits gut gebildeten Kronen sich berühren oder doch höchstens mit den Astspitzen ineinandergreifen, wieder hergestellt wäre. Jedem weitergehenden gegenseitigen Beengen sollte sofort durch eine neue Durchforstung abgeholfen werden.

Anstatt den Aushieb nach Stammklassen zu regeln, ist mehrfach vorgeschlagen worden, eine Festsetzung der zu beseitigenden Individuen nach der Stammzahl für 1 ha, unter Berücksichtigung der Brusthöhendurchmesser vorzunehmen, so von Haug und Kožešnik (Literatur in Anm. 2 S. 164). Hiermit in Einklang steht der schon vor langer Zeit von Oberforstrat König in seiner Forstmathematik gemachte Vorschlag einer Regelung des Aushiebs nach der Abstandszahl $\left(a = \frac{s}{d}\right)$ d. h. dem Verhältnis der Standraumseite zum Durchmesser. Martin[1]) wünscht, daß die Kreisflächensumme [= Stammgrundfläche (g)] in der Durchforstungs- und Lichtungspraxis als Maßstab Anwendung finde. Klein beginnend und bis zum mittleren Stangenholzalter stark zunehmend, soll sie, sobald gute Schaftform der Stämme hergestellt ist, eine bestimmte, nach Standortsgüte und Holzart verschiedene Höhe nicht mehr überschreiten, sondern gleich bleiben wie der relative Wachsraum, d. h. wie das Verhältnis der Krone zur Stammgrundfläche in Brusthöhe. Aller Zuwachs, welcher der Kreisfläche dann zugeführt wird, muß periodisch im Wege der Durchforstung entfernt werden.

Welche Stammzahl oder welche Stammgrundfläche den größten Zuwachs sichern, darüber fehlen noch positive Zahlen. Nur für die Buche hat Schwappach[2]) neuerdings die besten Leistungen bei einer vom 60. Jahre aufwärts zwischen 20 und 25 Quadratmeter schwankenden Stammgrundfläche ermittelt. Die Abhängigkeit solcher Zahlen von Holzart, Bonität, Alter, Wirtschaftsziel usf. läßt aber vermuten, daß das subjektive Ermessen und der fachmännische Blick des Wirtschafters beim praktischen Durchforstungsbetriebe durch solche nur mit Zeitaufwand zu benutzende Zahlenwerte nicht verdrängt werden. Schon König sprach es aus, daß man über dem Durchforsten selbst am besten beurteilen könne, was abkömmlich sei. Einen besser und leichter anwendbaren Maßstab zur Bemessung der richtigen Bestandesdichte bildet die Höhe des Kronenansatzes an den herrschenden Stämmen. Auf Grund eingehender Untersuchungen ist die Forderung einer 30 bis 40 % der Totalhöhe einnehmenden grünen tätigen Krone vom mittleren Lebensalter des Bestandes bis zur Hiebsreife von verschiedenen Seiten (Martin, Schwappach, Schiffel) aufgestellt worden.

Verschiedenheiten der Ausführung ergeben sich im einzelnen in Menge. Namentlich ist für die erste Durchforstung im Jungbestande die Art der Bestandesbegründung bezw. die ursprüngliche Bestandesdichte maßgebend und zwar nicht nur direkt wegen des dadurch bedingten stärkeren oder minder starken Drängens und Ringens der einzelnen Stämmchen nebeneinander, sondern hauptsächlich mittelbar wegen ihrer Beschaffenheit. Man muß nicht selten eine erste Durchforstung schwächer führen, weil die einzelnen Stämmchen so schlank erwachsen sind, daß jeder plötzliche stärkere Eingriff ein Umlegen derselben zur Folge haben würde. Ebenso ist, wenn nicht freierer Stand von der ersten Jugend an widerstandsfähigere Bestände

---

1) Martin, Kritische Vergleichung der wichtigsten forsttechnischen und forstpolitischen Maßnahmen deutscher und außerdeutscher Forstverwaltungen. Ztschr. f. Forst- u. Jagdw. 1902, 635. — Ders., Die forstliche Statik, 2. Bd. 124. — Ders., Rückblicke a. d. Verhandlgn. d. 8. internat. landw. Kongreß in Wien. Tharandt. Jhrb. 1909, 133.

2) Die Rotbuche. 1911.

erzeugt hat, die Schneedruckgefahr in dem kritischen Gertenholzalter sehr zu beachten. Es ist ein Unterschied, ob man an steilen südlichen Hängen oder auf mäßig geneigten, frischen Nordhängen operiert. Im allgemeinen wird man in schlechteren Lagen vorsichtiger zu Werk gehen müssen, hauptsächlich um die Bodenkraft zu bewahren. Man darf aber dabei auch nicht übersehen, daß gerade schlechtere Bestände auf Standorten mit geringer Bodentätigkeit oft für die ihnen durch wirtschaftlichen Eingriff gewährte Beihilfe besonders dankbar sind. Ebenso wird man zum Schutz gegen das Eintreten des Windes in die Bestände (Windmäntel!) die Bestandesränder oft weniger stark angreifen, als das Bestandesinnere [1]. Selbst unterdrückte Stämme sind dann zu schonen, wenn ihr Aushieb Lücken im Bestande verursachen würde, welche als Windfänge oder durch Bodenaushagerung bedenklich werden könnten. Alles in allem braucht man in vorgeschrittenerem Bestandesalter weniger ängstlich zu sein. Dadurch, daß eine zu schwache Durchforstung die Entwickelung des Hauptbestandes ungebührlich zurückhält, wird meist viel größerer Schaden angerichtet, als durch die wenigen Fälle, in welchen vielleicht durch einen zu starken Eingriff in irgend welcher Richtung einmal ein Nachteil erfolgt.

Einen besonders starken Grad der Durchforstung erheischen Weißtannenbestände, in denen Krebstannen vorkommen, deren Aushieb als Mittel gegen die Verbreitung der Krebskrankheit anzusehen ist [2]. Hier sind schon vom jugendlichen Alter ab die mit Krebs behafteten Stämme aufzusuchen und zu entfernen. Ein solches Vorgehen bietet zu keinen Bedenken Anlaß. Im Jungbestand, in welchem der Kampf gegen das Uebel zu beginnen hat, sind die entstehenden Lücken an sich nicht bedeutend und werden durch einwachsende Individuen bald ausgefüllt. In älteren Beständen wird durch den Aushieb der Krebstannen, wenn dadurch Lücken entstehen, die Verjüngung eingeleitet, bezw. da, wo man eine femelschlagartige Bewirtschaftung der Weißtanne erstrebt, diese in der einfachsten Weise begonnen.

In gemischten Beständen [3] handelt es sich immer um die Begünstigung der wertvollen Holzart vor der minder wertvollen, durch Gewähr einer freien, die Entwickelung begünstigenden Stellung behufs Steigerung des Zuwachses und der Nutzholzausformung. So z. B. ist dem Freihieb der Eiche im Buchenbestande besondere Aufmerksamkeit zu schenken, ebenso demjenigen von Esche, Ulme, Ahorn, Linde, Tanne, Lärche, sofern sie Anwartschaft auf Erlangung von Nutzholzqualität haben.

In jüngeren Wüchsen ist öfters, wenn schlank aufgeschossene Exemplare zu schützen sind, die sich noch nicht zu tragen vermögen, kein vollständiges Aushauen, sondern nur das Einstutzen (Köpfen) der bedrängenden Stämme angezeigt. Für höhere Stangen, die nicht geköpft werden können, deren Beseitigung durch Heraushacken aber auch nicht erwünscht ist, empfiehlt Mayr (Waldbau, 516) Wurzelstümmelung, d. h. Durchhacken einer oder mehrerer kräftiger Seitenwurzeln. Die dadurch herbeigeführte Verlangsamung des Wachstums erleichtert es dem wertvolleren Nachbarn, den notwendigen Vorsprung im Höhenwuchs zu erreichen.

§ 79. C. Besondere Arten der Durchforstung: Der Durchforstungsbetrieb steht in engem Zusammenhang mit der Art des Wirtschaftsbetriebs überhaupt. Ein allen Rücksichten im einzelnen gerecht werdender intensiver Durchforstungsbetrieb ist am leichtesten möglich in nicht zu ausgedehnten Revieren, deren Verwalter die Befolgung ihrer Intentionen überall und jederzeit gehörig überwachen können, in denen es auch weder an Absatz noch an Arbeitskräften fehlt. Die ökonomischen Verhältnisse eines Gebietes sind meist bestimmend für die Technik des Durchforstungsbetriebes. Dieses Moment betont Laschke in seiner Schrift „Oekonomik des Durchforstungsbetriebes“ 1901. Die verschiedenen Durchforstungen sind, je nach den wirtschaftlichen Zuständen der in Betracht kommenden Gegenden, berechtigt. Je weniger der Markt schwache Sortimente verlangt, sondern auf starkes Schnittholz gerichtet ist, um so stärkere Eingriffe sind nach der Jugendperiode angezeigt, während andererseits guter Schleifholz- und Grubenholzabsatz die Bevorzugung schwächerer Durchforstungen nahelegt.

Die großen Verschiedenheiten, die allein hierdurch, weiterhin durch den Wechsel der Holzarten und Standortsverhältnisse in die Durchforstungspraxis hin-

---

1) Andererseits kann stärkere Durchhauung des Bestandesrandes bei solchen Beständen, welche für Anwendung eines Loshiebes gegen Windwurf schon zu alt sind, geradezu angezeigt sein, um die Randstämme rascher erstarken und durch Kronen- und Wurzelausbreitung widerstandsfähiger zu machen.

2) Vergl. u. a. die Verhandlungen des badischen Forstvereins zu Wolfach von 1884.

3) cfr. z. B. Gayer, „Waldbau“ 4. Aufl. S. 594 ff.; Ney, „Waldbau“ S. 295.

eingetragen werden, machen die teilweis sehr auseinander gehenden Durchforstungsansichten und die zahlreichen Reformideen verständlich, die im Laufe der Zeit geäußert worden sind. Einige der markantesten Reformvorschläge seien nachstehend hervorgehoben:

1. Heck hat das Prinzip der „freien Durchforstung" aufgestellt [1]). Die Durchforstung soll eine von allen starren Regeln unabhängige, freie sein. Ein teilweises Eingreifen in den Hauptbestand unter Schonung des Nebenbestandes ist nötig, besonders ist die Herausbildung, Begünstigung und Pflege des voraussichtlichen Haubarkeitsbestandes in möglichst vielen und tunlichst hochwertigen Nutzholzstämmen zu erstreben. Dieser Durchforstungsmethode entspricht ohne Zweifel der E-Grad des neuesten Arbeitsplanes der forstlichen Versuchsanstalten. Offenbar gebührt Heck die Priorität.

2. Die dänische Durchforstung in Buchen. Auf diese hat in Deutschland Metzger aufmerksam gemacht [2]). Er bemerkt, daß der Unterschied zwischen den deutschen und den dänischen Durchforstungen hauptsächlich darin bestehe, daß erstere Nutzungs-, letztere Erziehungs-Durchforstungen seien. In Dänemark unterscheide man die Stammklassen folgendermaßen:

a) Hauptstämme, welche wegen ihrer Geradschaftigkeit und gleichmäßigen Krone zu begünstigen sind und dereinst den Abtriebsbestand zu bilden haben.

b) Schädliche Nebenstämme, welche die zu erhaltenden und fortzubildenden Teile der Kronen der Hauptstämme schädigen und deshalb zu entfernen sind.

c) Nützliche Nebenstämme, welche die Astreinheit der Hauptstämme fördern und deshalb zu erhalten sind.

d) Indifferente Stämme, welche weder schaden noch nützen.

Hiernach sind die Klassen a und c zu schonen, die Klasse b ist zu beseitigen Klasse d ist zu nutzen, soweit Absatz vorhanden ist.

Die Durchforstungen beginnen frühzeitig und mäßig; sie sollen sich in so viel Jahren wiederholen, als das Bestandesalter Dezennien zählt. Zwischen dem 60. und 70. Lebensjahr wird alle 6 Jahre, vom 100. bis 110. Lebensjahr alle 10 Jahre durchforstet. Die späteren, nach Erreichung astfreier Schaftstücken von 15 m Länge stattfindenden Durchforstungen stellen die $^4/_{10}$ der Schaftlänge einnehmenden Kronen der Hauptstämme zum Zwecke der Herbeiführung eines beträchtlichen Lichtungszuwachses frei und nähern sich den Durchlichtungen. — Ein so intensiver Betrieb wie der dänische Buchendurchforstungs- und Verjüngungsbetrieb ist in einem waldarmen Lande wie Dänemark möglich und zweckmäßig, anderwärts steht mangelnde Rentabilität seiner Durchführung entgegen.

3. Die Hochdurchforstung (éclaircie par le haut) wurde in Frankreich nach Maßgabe der dortigen Verhältnisse, insbesondere unter dem Vorherrschen der Eiche und der Mittelwaldbestände ausgebildet [3]). Ihr Wesen besteht in dem Eingriff in den herrschenden Bestand unter Schonung der beherrschten Stämme. Den Gegensatz dazu bildet die Entfernung der unterdrückten Stämme, welche éclaircie

1) Heck, „Freie Durchforstung". Mündener forstl. Hefte XIII, S. 18. — Ders., „Zur freien Durchforstung" (A. F.- u. J.-Z. 1902, S. 298). — Ders., Die freie Durchforstung 1904.

2) Metzger, „Dänische Reisebilder". Münd. forstl. H. IX, S. 81. — Derselbe, „Zur Beurteilung der dänischen Forstwirtschaft". A. F.- u. J.-Z. 1898, S. 346. — Derselbe, Referat auf der deutschen Forstversammlung in Schwerin 1899, „Ist die in Dänemark gebräuchliche Art der Buchenbestandespflege bisher in Deutschland schon zur Anwendung gelangt und unter welchen Umständen etwa würde sich ihre Einführung in deutschen Waldungen bewähren?" (s. Versammlungsbericht).

3) Empfohlen in Boppe, „Traité de sylviculture".

par le bas genannt wird. Aehnlich der éclaircie par le haut ist die Posteler Durchforstung, durch v. Salisch auf Postel in Schlesien gehandhabt, welche den Kronen der herrschenden Stämme frühzeitig durch Aushieb der zurückbleibenden und mitherrschenden Stämme Luft schaffen will. Die unterdrückten Stämme bleiben stehen. Das Ziel ist die Heranbildung eines hochwertigen Haubarkeitsbestandes unter Gewinnung tunlichst hoher Vorerträge bei vollständiger Erhaltung der Bodenkraft [1]).

Auch die ästhetische Wirkung dieser Durchforstungsart wird betont, indem die Bestände nicht so leicht „durchsichtig“ werden (v. Salisch, „Forstästhetik“, 3. Aufl. S. 273). Ebenso hat sie Bedeutung zur Gewinnung von Schutz für das Wild.

4. Die Kulissendurchforstung empfahl Urich [2]) für Buche als Lichtwuchskulissenbetrieb, d. h. kräftige Lichtungen vom 30. Jahre ab auf 15—20 m breiten Kulissen zwischen dunkel belassenen 40—60 m breiten Streifen. Letztere sollen den Boden gegen Aushagerung, Laubverwehung und Vergrasung sicherstellen. Die Lichtwuchskulissen verlaufen senkrecht zur herrschenden Windrichtung. Vom 70. Jahr an sollen die dunklen Zwischenstreifen ebenfalls stark angegriffen werden, so daß mit 90 Jahren der Bestand ziemlich gleichmäßig gestellt ist und zur Verjüngung kommt. Borgmann [3]) empfahl für Fichte und Tanne horst- und gruppenweise Lichtwuchsdurchforstung, ebenfalls zur Mehrung von Masse und Wert. Er will die Lichtungshiebe seiner etwa 10 a großen Lichtungshorste allmählich ringförmig vorschreiten und an Intensität der Kronenfreihiebe abnehmen lassen. Seine Lichtungen sollen erst mit 50 Jahren beginnen.

Reuß [4]) empfahl Kulissendurchforstung, indem in streifenweisem Wechsel starke, mäßige und schwache Durchforstungen ausgeführt werden sollen, um diejenigen Gefahren starker Durchforstungen zu vermeiden, welche zu erwarten sind, wenn der ganze Bestand stark durchforstet wird.

5. Borggreve's Plenterdurchforstung [5]). Durch diese wird der früher als Ausnahme betrachtete Aushieb herrschender Stämme vom reiferen Stangenalter, spätestens vom ersten Beginn der Mannbarkeit ab, geradezu als das normale Vorgehen gefordert. Prinzip dabei ist, daß durch den Aushieb dominierender Stämme regelmäßig einer größeren oder geringeren Anzahl beherrschter (immerhin noch entwickelungsfähiger) Stämme Luft gemacht wird, sodaß sie sich demnächst zu brauchbaren Nutzstämmen herausarbeiten, während sie sonst, d. h. unter dauernder Bedrückung seitens der bisher dominierenden Exemplare lediglich die Rolle des Füllholzes weiter gespielt und früher oder später ganz abständig geworden wären. Allmählich wird auf diese Weise eine möglichst große Anzahl der im Bestande überhaupt vorhandenen Stämme einer vollgültigen Entwickelung entgegengeführt, bis bei genügend langer Umtriebszeit (140—160 Jahre) und fortdauernder Wiederholung (alle 10 Jahre Aushieb von 0,1—0,2 der Bestandesmasse, welche sich durch Zuwachssteigerung entsprechend wieder ergänzt) das brauchbare Material aufgezehrt ist. Inzwischen hat der Bestand das denkbar mögliche Maximum an guten Nutzholzstämmen geliefert. Die jeweils ausgeforsteten dominierenden Stämme ergeben relativ frühzeitig bedeutende Gelderträge; mithin ist diese Art der Wirtschaft eine in hohem Grade rentable. Bedingung für die Durchführbarkeit ist die Entwickelungsfähigkeit der durch die Durchforstung freigestellten, bisher beherrschten Stämme. Ist diese gesichert, so läßt sich im übrigen das Verfahren zweifelsohne durchführen; es fragt sich

1) A. F.- u. J.-Z. 1892, S. 226.
2) Forstwiss. Zbl. 1888, 16; Ztschr. f. F.- u. J.-W. 1894, S. 591.
3) Das. 1893, 689; 1895, S. 630. — W. Borgmann, A. F.- u. J.-Z. 1897, S. 225, 273.
4) Oe. F.Ztg. 1896, S. 73.
5) Borggreve, „Holzzucht“. 2. Aufl. S. 302 ff., sowie Forstl. Blätter von 1887, S. 225 ff.

dann nur, ob es auch genügend gut bezw. besser rentiert, als jede andere Art der Durchforstung.

Die Möglichkeit der noch leidlich guten Entwickelung einer Mehrzahl jener Individuen ist zuzugeben, falls die Bedrückung seither keine zu weitgehende war und ihnen entsprechend rechtzeitig beigesprungen wird. Immerhin darf man Bedenken tragen, die Erholungsfähigkeit so weit und so allgemein vorauszusetzen, als Borggreve [1]). Aber hiervon abgesehen darf die höhere Rentabilität der Plenterdurchforstung bezweifelt werden. Von den herrschenden Stämmen, falls sie allseits genügenden Wachsraum erhalten, ist eine Zuwachsleistung zu erwarten, welche sie befähigt, in kürzester Zeit den Markt mit den geforderten Sortimenten zu befriedigen. Der im 60. Jahre als prädominierend ausgehauene Stamm kann in dieser Hinsicht doch nicht gleiches leisten wie der nämliche Stamm, falls er noch 20 oder 40 Jahre zugewachsen wäre. Der höhere Umtrieb liefert bei der Plenterdurchforstung, da eine Mehrheit stärkster Stämme jeweils herausgehauen wird, doch immer wieder nur Stämme mittlerer Dimensionen. Wenn aber solche für die Befriedigung des Marktes genügen, so ist gar nicht abzusehen, weshalb man diese Stämme nicht auf größeren Einzelflächen mit niedrigerem Umtrieb erziehen soll, wobei auch noch alle geringeren Sortimente, die doch ebenfalls gute marktfähige Ware darstellen, in genügender Menge anfallen. Die Plenterdurchforstung verzichtet eigentlich grundsätzlich auf die Nutzung der geringeren Stammklassen, da sie deren Individuen möglichst alle noch in höhere Klassen aufrücken lassen will. Wäre dies ohne beträchtlichen Zeitaufwand möglich, so könnte nichts dagegen eingewendet werden. Daß die stets dominierend gewesenen Stämme meist ungünstigere Stammformen haben, ist an sich wohl richtig, wird aber durch die stärkeren Dimensionen vielfach reichlich aufgewogen (entscheidend ist die Zopfstärke bei bestimmter Länge). Ebenso ist der ungünstige Einfluß der Fruktifikation nicht in dem Maße zu fürchten, wie es Borggreve tut. Borggreve hat vorzugsweise schlecht oder gar nicht gepflegte Bestände im Auge, in welchen eine verhältnismäßig kleine Anzahl von Jugend auf entschieden vorwüchsiger Individuen Luft- und Bodenraum im Bestande in übermäßiger Weise in Anspruch genommen hat, so daß unter und neben ihnen keine auch nur annähernd gleichwertige Stämme vorhanden sind. Solche Bestände bilden freilich nie das Ideal der Wirtschaft. In normal bestockten und ebenso durchforsteten Beständen findet sich eine so weit gehende Abformigkeit der herrschenden Stämme, wie die Plenterdurchforstung annimmt, nicht. Weiterhin darf an der Plenterdurchforstung die Möglichkeit der Nachhaltigkeit ebenso stark bezweifelt, wie der Eintritt von Bodenverhagerung und Verunkrautung, von Sturmschaden (bei flachwurzelnden Holzarten) und von Wasserreiserbildung (bei Eiche) als sicher angenommen werden.

Was die „Plenterdurchforstung" Neues darstellt, ist — dies muß scharf betont werden — nur der als Regel hingestellte Grundsatz, auch gesunde, normal gebildete, vollkommen nutzholztaugliche dominierende Stämme vor der Hiebsreife des Gesamtbestandes, also gelegentlich der Zwischennutzungen lediglich deshalb herauszuhauen, weil dadurch einigen bisher unterdrückten Individuen die Möglichkeit gewährt wird, auch noch wenigstens Mittelware zu werden, während sie sonst als nur gering zuwachsende Stämme einem einzelnen, allerdings besonders hochwertigen Stamme zugesellt blieben, bis sie bei einer Durchforstung als minderwertiges Material gehauen werden. Die ganze Frage ist einfach eine solche der statischen Rechnung. Und gerade die höhere Rentabilität der Plenterdurchforstung ist, ohne die

---

1) Es ist hier natürlich nicht der Ort, ins einzelne auf eine Diskussion der hochinteressanten Frage einzugehen. Nur die Notiz sei angefügt, daß auch die Wirtschaft bei der Weißtanne im Schwarzwald und in den Vogesen, also bei der wohl unzweifelhaft zählebigsten Schattenholzart, zwischen den noch entwicklungsfähigen unterdrückten Tannen und denen, von welchen wegen zu starker und zu lang andauernder seitheriger Bedrängung eine Erholung und Erstarkung nicht mehr zu hoffen ist, sorgfältigst unterscheidet.

Anwendbarkeit der letzteren in einzelnen Fällen zu bestreiten, allgemein zunächst nicht zuzugeben. Insoweit die Plenterdurchforstung solche dominierende Stämme nutzt, welche aus irgend einem Grunde (Holzart, Stammform, Kronenentwickelung usw.) nicht Träger der Nutzholzerzeugung im Bestande sind, fordert sie nichts anderes, als das, was bei jeder richtigen Durchforstung schon längst Regel war.

Die Plenterdurchforstung ist in größerem Maßstab in dem hessischen Hinterland des Reg.-Bez. Wiesbaden eingeführt. Eine bei Gelegenheit der Tagung des Deutschen Forstvereins in Wiesbaden 1900 unter Leitung Borggreves dahin unternommene Exkursion hat eine Erörterung in der Literatur hervorgerufen, deren Ergebnis nicht als durchgehende Anerkennung der Richtigkeit des Prinzips anzusehen ist (Bericht über die 1. Hauptversammlung des Deutschen Forstvereins S. 200 ff., ferner Fw. Zbl. 1900, S. 589 Fürst, „Eine Exkursion ins Gebiet der Plenterdurchforstung"; 1901, S. 118, Berichtigung von Borggreve und Entgegnung von Fürst, ferner Borggreve in Ztschr. f. F.- u. J.-W. 1901, S. 385). Es ist abschließend zu bemerken, daß die Borggrevesche Plenterdurchforstung keine Zwischennutzung, sondern Hauptnutzung darstellt. Sie hat in ungleichwüchsigen Beständen, z. B. in Buchenbeständen, die aus fortgewachsenem Mittelwald oder Femelwald hervorgegangen sind, ebenso in ungleichalterigen Weißtannenbeständen, ohne Zweifel ihre volle Berechtigung, und es ist ein Verdienst Borggreves, auf die Notwendigkeit bezw. Zweckmäßigkeit einer Beseitigung der sog. „Protzen" aufmerksam gemacht zu haben. Eine Verallgemeinerung des Prinzips und die Anwendung desselben auf gleichmäßig erwachsene Bestände ist zu beanstanden.

§ 80. IV. Durchführung im Walde.

a) Veranschlagung. Für die planmäßige Durchführung eines systematischen Durchforstungsbetriebes ist die Veranschlagung nach der Fläche ein wichtiges Erfordernis, derart, daß der Wirtschafter gebunden ist, jährlich eine gewisse Fläche gründlich vorzunehmen, so daß die Wiederkehr in einer, im voraus zu bestimmenden angemessenen Umlaufszeit gesichert ist. Dazu hat die Forsteinrichtung die nötigen Bestimmungen zu treffen.

b) Holzauszeichnung. Sorgfältige Leitung des Durchforstungsbetriebs ist eine der wichtigsten Obliegenheiten des Wirtschaftsbeamten. Ist letzterer auch in einem größeren Reviere nicht imstande, jedes einzelne auszuforstende Exemplar in Jungwüchsen selbst zu bezeichnen, so muß er sich doch durch entsprechend umfängliche Probeauszeichnung überzeugt haben, daß seine Absichten von dem untergebenen Personal nach allen Seiten hin vollständig verstanden sind. Auch hat er sich durch häufig wiederholten Besuch der Durchforstungen von dem sachgemäßen Vollzug seiner Anordnungen zu überzeugen. Zweifelsfälle sind seiner Entscheidung vorzubehalten. Daß sich die Ausführung in Brennholzbeständen meist sehr viel einfacher gestaltet, als in einer Nutzholzwirtschaft, im reinen Bestande einfacher als im gemischten, liegt auf der Hand. Im frühesten Alter des Bestandes genügt auch eine Probedurchforstung unter den Augen des Wirtschafters. Bei geringeren Stangen erfolgt Auszeichnung mit dem Risser, bei stärkeren und bei Stämmen mit dem Waldhammer. Die spezielle Auszeichnung der späteren Durchforstungen darf, wenn diese wirklich alles Wünschenswerte leisten sollen, dem Wirtschaftsführer nicht erspart bleiben. Die richtige Schlagstellung ist sofort, d. h. durch einmalige Auszeichnung anzustreben. Laubholz ist womöglich vor Laubabfall auszuzeichnen [1]).

1) Die Regel, den Hieb erst schwach zu greifen, und dann eine Nachauszeichnung vorzunehmen, führt keineswegs immer zu dem gewünschten Ziel einer gleichmäßigen Durchlichtung des Bestandes. Ist eine solche bei dem ersten Aushieb erreicht, so werden durch die Nachfällung vielfach Ungleichförmigkeiten entstehen, zumal man mit dem Nachhieb in der Regel in stärkere Stammklassen kommt. — In noch belaubtem Bestande bietet dichter Kronenschluß manchmal

c) Hiebsführung: In jüngeren Beständen kommen als Werkzeuge event. besondere Durchforstungsmesser, ferner die Durchforstungsschere und die Heppe in Betracht; demnächst haben Axt und Säge einzutreten. Durchforstungen in Jungwüchsen, wo nicht jedes Exemplar besonders ausgezeichnet ist, werden meist besser im Tagelohn ausgeführt. Die Zeit der Vornahme ist in der Regel von der Ausführung der Hauptfällungen abhängig, indem die Durchforstungen mit diesen in passender Weise kombiniert werden müssen. Meistens führt man die Durchforstungen nach Beendigung der Haupthauungen aus. Sie geben öfters neben den Ausläuterungen eine passende Sommerarbeit für ständige Holzhauer.

Viertes Kapitel.

Unterbau und Lichtungsbetrieb.

§ 81. Vorbemerkungen: Unter Unterbau versteht man das Einbringen eines Unterholzes in einen vorhandenen Bestand, unter Lichtungsbetrieb einen so kräftigen Eingriff in einen Bestand, daß die einzelnen Bäume in eine räumigere Stellung gelangen, als sie durch den natürlichen Auslichtungsprozeß und die regelmäßigen Durchforstungen kommen würden. Beide, Unterbau und Lichtungsbetrieb, bezwecken eine Steigerung des Zuwachses, der erstere hauptsächlich durch Erhaltung bezw. Verbesserung der Bodenkraft, der letztere durch Gewährung eines vergrößerten Wachsraumes für Wurzeln und Krone. Im Vergleich zum nicht unterbauten geschlossenen Hochwaldbestande, welcher in bestimmter Zeit Stämme von gewissen mittleren Dimensionen erzeugt, soll durch die Lichtung entweder in der gleichen Zeit stärkeres und damit wertvolleres Holz oder es soll gleich starkes (gleichwertiges) Holz in kürzerer Zeit erzielt werden. In beiden Fällen hat man einen wirtschaftlichen Gewinn, so lange nicht die Zuwachsmehrung mit einem zu hohem Kostenaufwand verbunden ist. Unterbau und Lichtungsbetrieb sind an sich verschiedene Maßregeln, gehen aber insofern Hand in Hand, als eine gewisse Bestandeslichtung Bedingung für gedeihlichen Unterbau ist und umgekehrt ein über das Maß einer kräftigen Durchforstung hinausgehender stärkerer Aushieb im Bestande öfters den Unterbau als Ergänzung fordert, wenn nicht eine Bodenverschlechterung eintreten soll.

I. Unterbau insbesondere[1]).

A. Allgemeine Gesichtspunkte.

§ 82. Der Unterbau ist in erster Linie eine Maßregel der Bodenpflege. Man unterscheidet den zu unterbauenden Bestand und die einzubringende Holzart. Es ist Tatsache, daß sich in allen anfänglich geschlossenen Beständen früher (bei Lichthölzern) oder später (bei Schattenhölzern) von selbst eine Auslichtung vollzieht, indem allmählich eine immer größere Anzahl von Stämmen infolge der Bedrängung durch

Schwierigkeiten bei der Beurteilung des Werts einzelner Stämme. Immerhin aber dürfen diese weniger hoch veranschlagt werden, als die nach Laubabfall häufig eintretenden Zweifel bezüglich der relativen Bedeutung von Nachbarstämmen. Es kommt hinzu, daß der Nachsommer meist die „arbeitsfreie" Zeit des Revierverwalters ist, so daß er dann das Geschäft des Auszeichnens ohne Kollision mit andern Arbeiten vornehmen kann.

1) Zu vergleichen u. a.: Arbeitsplan betr. Versuche über Unterbau- und Lichtungsbetrieb im Hochwald, aufgestellt von dem Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten (siehe Jahrbuch der preuß. Forst- u. Jagdgesetzgebung und Verwaltung XIX. Bd., 1. Heft, S. 12). — Urich, „Unterbau von Lichtholzarten" (Forstw. Zentralbl. 1884, S. 472). — Borggreve, „Lichtungshieb mit Unterbau" (Forstl. Blätter 1883, S. 41). — Schott von Schottenstein in d. Forstl. Blättern Mai 1883, S. 145 ff.: eine Entgegnung auf den vorzitierten Artikel Borggreves. — Landolt, schweiz. Zeitschrift 1883, S. 172. — Kast, Der Unterbau und seine wirtschaftliche Bedeutung (Z. f. d. g. F. 1889, S. 51. 102. 150). — Biehler, Einfluß des Unterbaues auf das Wachstum der Bäume. 1903.

die Nachbarn oder aus anderen Gründen abständig wird. Die hiermit gegebene Unterbrechung des Kronenschlusses gewährt der Sonne und dem Wind Zutritt zum Boden, welchem dadurch seine Feuchtigkeit entzogen, dann aber auch durch beschleunigte Zersetzung der Streudecke geschadet wird. Die Humusbildung erfolgt nicht mehr im bisherigen Verlauf. Die Ueberkleidung des Bodens mit spontan auftretenden Standortsgewächsen bietet meist kein genügendes Gegenmittel, sondern beschleunigt oft die Aushagerung des Bodens, weil viele jener Gewächse (meist Lichtpflanzen) dem Boden Wasser entziehen, ohne durch intensive Beschirmung und ausgiebigen Laubabfall, also durch Vermittelung reichlicher Humusbildung für Erhaltung, bezw. Vermehrung der Bodentätigkeit zu sorgen.

Die Fälle, in welchen sich blattreiche, dichtgeschlossene Forstunkräuter so massenhaft einstellen, daß sie Funktionen des künstlich eingebrachten Unterholzes übernehmen könnten, bilden nicht die Regel, zumal nicht auf mittleren Standorten, für welche der Unterbau sehr häufig in Betracht kommt. Beste Böden (z. B. Auwaldungen) bedürfen des Unterbaues oft nicht, weil sich Unterholz hier meist von selbst einstellt.

In ähnlicher Weise, wie durch die natürliche Auslichtung, wird die Unterbrechung des Kronenschlusses durch Beschädigungen, welche von außen an den Bestand herantreten (Insekten, Sturm, Schnee), sowie durch wirtschaftliche Eingriffe herbeigeführt. Wird nun ein solcher Bestand unterbaut, so will man durch diese Maßregel die Leistungsfähigkeit des Bodens erhalten, wenn möglich sogar steigern oder, wäre sie schon gesunken, den früheren Zustand wieder herstellen, von der Ueberzeugung ausgehend, daß nur eine dauernd vollständige Bedeckung der Bodenoberfläche hierzu geeignet ist.

Ob der erwartete Erfolg wirklich eintritt, muß demnächst die Beschaffenheit des unterbauten Bestandes dartun. Der überzeugende Beweis kann nur durch den komparativen Versuch erbracht werden, indem man von zwei im übrigen ganz gleichen Beständen (bezw. Bestandesteilen) den einen unterbaut, den anderen ohne Unterbau weiter behandelt, so daß die Verschiedenheit des schließlichen Holzanfalls als eine Folge des ausgeführten oder unterlassenen Unterbaues angesehen werden kann. Von vielen Seiten werden günstige Erfolge des Unterbaues gemeldet; aber es darf nicht übersehen werden, daß häufig der zu vergleichende nicht unterbaute Bestand fehlt. Nach den Untersuchungen von K a s t ist eine direkte Steigerung des Zuwachses als Folge des Unterbaus nicht nachzuweisen, jedoch eine Mehrung der Sommerholzbildung und eine günstige Wirkung auf den Boden. Auch die von B i e h l e r näher untersuchten unterbauten Eichenflächen der hessischen und braunschweigischen forstlichen Versuchsanstalt zeigten nicht in allen Fällen einen positiven Einfluß des Unterbaus auf das Wachstum des Oberholzes. Der Buchenunterbau zeigte sich hier namentlich auf den schlechten Böden wertvoll und um so wirksamer für den Oberstand, je jünger dieser war. Gruppen- und horstweiser Unterbau ist weniger am Platze als voller. Wenn geltend gemacht wird [1]), durch den Unterbau schaffe man für den Oberstand eine am Nährstoffkapital des Bodens mitzehrende gefährliche Konkurrenz, so ist dies nur insoweit zuzugeben, als Teile des Unterwuchses als Treibholz mit in die Höhe gehen und zur Nutzung herangezogen werden. Dies ist aber in erheblicherem Umfang meist nur dann der Fall, wenn der Oberstand bereits so stark durchlichtet ist, daß durch ihn allein keine vollständige Auswirkung der Bodenkräfte mehr stattfindet. Aber selbst wenn eine etwas gesteigerte Mineralstoffentnahme einträte, dürfte sie durch den günstigen Einfluß des Unterbaues auf die physikalischen Bodeneigenschaften reichlich paralysiert werden. Dagegen kann allerdings der sehr dichte Unterwuchs einen Wasserentzug im Boden herbeiführen, welcher für den Oberbestand nachteilig wird. Eine derartige bodenaustrocknende und dadurch den Zuwachs mindernde Wirkung des Fichtenunterwuchses unter Kiefern ist durch Untersuchungen von Geh. Oberforstrat Z e t z s c h e in Meiningen nachgewiesen worden [2]). Zu dem gleichen Ergebnis führten die Untersuchungen B i e h l e r s (a. a. O.) über den Einfluß des Fichtenunterbaues in Kiefer. Bekannt ist die meist ungünstige Einwirkung eines Fichtenunterstandes in Eichenbeständen. Der Meinung, daß die Fichte der „Wolf" des Laubholzes ist wie Burckhardt sagt, stimmen die Ermittlungen Biehlers, der in den mit Fichte unterbauten und teilweis zopfdürr werdenden Eichenbeständen ein Sinken des Zuwachses um 3 bis 4 Zehntel beobachtete,

---

1) B o r g g r e v e, Holzzucht, 2. Aufl. 347 flgde.

2) A. F.- u. J.-Z. 1890 S. 269, 305. S c h m i d t, Bodenschutzholz und Unkrautdecke in ihren Beziehungen zu Bodenfeuchtigkeit und Bestandeszuwachs.

ebenso zu wie die Feststellung Kunzes[1]), daß in einem rd. 60 jähr. Eichenbestande durch Entnahme des Fichtenunterstandes eine auf 0,45 $^{0}/_{0}$ sich belaufende Steigerung des Flächenzuwachsprozentes herbeigeführt wurde.

B. Bedingende Momente.

§ 83. Beim Unterbau kommt in Betracht: die zu unterbauende Holzart, die einzubringende Holzart, die spezielle Aufgabe des Unterwuchses, der Boden, die Zeit des Unterbaues, die Art der Ausführung.

1. Die zu unterbauende Holzart: Im allgemeinen werden nur solche Holzarten unterbaut, welche für sich allein dem Boden nicht dauernd die nötige Beschirmung gewährer, also vorab Lichthölzer. Namentlich ist Unterbau dort unerläßlich, wo man Starkhölzer erziehen will und hierzu Umtriebszeiten benötigt, die jenseits des Zeitpunktes der beginnenden, energischen, natürlichen Bestandesauslichtung liegen [2]). Der Unterbau findet seine Stelle hiernach zumeist in Beständen der Eiche, Kiefer und Lärche.

2. Die einzubringende Holzart: Sie muß, der Natur der Sache nach, eine schattenertragende sein, damit sie unter dem Drucke der Oberholzkronen wuchskräftig bleibt, um die erwarteten günstigen Wirkungen auf den Boden zu gewährleisten. Somit kommen zunächst in Betracht Buche, Tanne und Hainbuche, sodann Fichte, Weymouthskiefer, Linde, Weißerle, event. auch (für besonders nasse Böden) Schwarzerle.

Entscheidend für die Wahl der einzubringenden Holzart ist vorab der Standort, daneben aber der Zweck des Unterbaues. Die Buche ist diejenige Holzart, welche, sofern der reine Schutzzweck in Betracht kommt, zunächst in Wahl steht, da sie durch ihren Laubabfall am günstigsten auf den Boden wirkt. Sie taugt aber nicht in kalte, nasse Lagen. Hier wird sie meist sehr zweckmäßig durch die Hainbuche ersetzt. Guten Erfolg verspricht auch die Linde (selbst auf minderkräftigem Boden), doch wird man sie meist nicht eigens anbauen, wohl aber ihr, wo sie vorhanden ist, den Platz gönnen. Roterle kann nur ausnahmsweise auf nassen Stellen angewendet werden, wogegen Weißerle auf trockenem Standorte, z. B. auf Kalkböden in Betracht kommt. Alle diese Laubhölzer liefern, auch bei lichterer Stellung des Oberstandes, vorwiegend nur Brennholz. Sobald von dem Unterstand auch Nutzholzproduktion verlangt wird, muß man zur Tanne oder Fichte greifen. Vornehmlich eignet sich Tanne. Sie ist nicht nur sehr zählebig unter stärkerem Schirmdruck, sowie demnächst raschwüchsig, sobald sie freigestellt wird, sondern bleibt auch mit ihrer Wurzel nicht in der Bodenoberfläche, diese verfilzend, und verschließt, trotz reichlicher Benadelung, den Boden nicht zu sehr. Bei der Fichte liegt immer die Gefahr eines zu intensiven Abschlusses des Bodens von Luft und Niederschlägen (durch Wurzelgeflecht und Krone) vor. Jedenfalls sollte die Fichte nicht zu engständig eingebracht werden. Ueberdies ist zu beachten, daß Nadelhölzer, wie Tanne und Fichte, in den ersten Jahren nach dem Einbringen dem Boden nichts zurückgeben, da sie ihre Nadeln während einer Reihe von Jahren behalten. Eine unter passenden Verhältnissen sehr brauchbare Unterholzart scheint nach den vorliegenden, allerdings nur spärlichen Erfahrungen [3]) die Weymouthskiefer zu sein. Schattenerträgnis und Anspruchlosigkeit weisen auf Verwendungsfähigkeit auf den ärmeren Bodenklassen hin, um so mehr ihr Nadelabfall in bezug auf Bodenverbesserung Zufriedenstellendes leistet.

3. Die spezielle Aufgabe des Unterstandes: Der Unterbau soll entweder nur den Boden bedecken (reines Bodenschutzholz) oder soll neben dem Oberstand noch eine mehr oder minder beträchtliche Nutzung ergeben. Sobald der Unterstand mit heranwächst, kommt ihm meist auch für die Formausbildung, namentlich für die Astreinheit und Langschäftigkeit des Oberholzes eine mehr oder minder große Bedeutung zu. Handelt es sich lediglich um Bodenschutzholz, so genügt eine

---

1) Kunze, Ueber die Einwirkung eines Fichten-Unterstandes auf einen Eichen-Oberstand. Thar. Jhrb. 1905, 67.

2) Für ausnahmsweise, z. B. im kleinen Privatbesitz vorkommende Umtriebszeiten von 50 bis 60 Jahren, bei welchen nur Brennholz und geringe Nutzhölzer erzeugt werden sollen, kann der Unterbau wohl meist entbehrt werden.

3) Wedding, Der Unterbau der Eiche mit Weymouthskiefer. Allg. F.- u. J.-Z. 1901, 153. — Biehler a. a. O.

Unterbrechung des Kronenschlusses im Oberstand so weit, daß die eingebaute Holzart sich gerade lebenskräftig im Schluß erhalten kann, ohne aber zu irgend lebhafterer Entwickelung angeregt zu sein. Im zweiten Falle muß man ihr durch weitergehende Eingriffe in den Oberstand lebhafteres Wachstum gestatten. Es ergeben sich dann, je nach den verschieden weitgehenden Ansprüchen, die man an beide Bestandesteile (Oberstand und Unterwuchs) macht, zahlreiche Modifikationen in der Durchführung, die sich, wenn auch nicht schon alle als eigentliche Lichtungsbetriebe, so doch als Uebergänge zu diesem charakterisieren lassen.

4. Der Boden, oder allgemeiner der Standort überhaupt, wirkt einmal auf die Beschaffenheit des zu unterbauenden Bestandes, sodann auf das Gedeihen der Unterbauholzart. Da sich auf besseren Standorten die natürliche Ausscheidung am greifbarsten vollzieht, hier auch Verunkrautung, schnelle Humusaufzehrung und Rückgang der Bodenkraft am meisten zu fürchten sind und — was die Hauptsache ist — da auf solchen Böden der Unterbau auch wirklich wächst, so kommen solche Orte für den Unterbau zunächst in Betracht. Wie weit man mit Unterbau auch auf geringem Standorte vorgehen soll, läßt sich nicht allgemein angeben, sondern muß erst durch direkten Versuch festgestellt werden. Die Erfahrung lehrt aber, daß der Erfolg der Maßregel auf schlechten Böden fast stets ein zweifelhafter ist. Sicherheit des Gedeihens der eingebrachten Holzarten und damit auch Wahrscheinlichkeit einer günstigen Einwirkung auf Boden und Oberholzbestand sind hier bei gleichem, ja vielfach bedeutendem Kostenaufwand sehr gering.

5. Die Zeit des Unterbaues: Nach der Art der für den Unterbau gestellten Aufgaben ist der richtige Zeitpunkt für seine Vornahme von der Beschaffenheit des zu unterbauenden Bestandes abhängig. Frühzeitiger Unterbau gewährt dem Boden am meisten Schutz; doch muß die Entwickelung der eingebrachten Holzart durch entsprechende (natürliche oder künstliche) Lockerung des Kronenschlusses im Oberstand sicher gestellt sein. Die Ausbildung guter Stammformen verlangt aber zunächst Erhaltung des Vollschlusses. Dabei ist die verschiedene Wirkung eines höheren oder tieferen Kronenansatzes zu beachten. In einem schon etwas älteren, bezw. höheren Bestande kann das Schirmdach in sich ein etwas dichteres sein. Man wird im allgemeinen kaum vor dem 30. Jahre unterbauen, andererseits aber meist auch nicht länger als bis zum 60. oder 70. Jahre mit der Einbringung des Unterholzes warten dürfen, wenn nicht inzwischen schon eine nachteilige Veränderung der Bodenbeschaffenheit hervortreten soll. Mitbestimmend ist natürlich auch das Abtriebsalter des Oberstandes. Der Unterbau kann sich nur dann empfehlen, wenn das Unterholz noch genügend Zeit hat, auf den Boden zu wirken. Unter dieser Voraussetzung können auch noch ältere als 70jährige Bestände oft mit Vorteil unterbaut werden (z. B. 80- bis 100jährige Eiche bei 140jährigem Umtrieb).

6. Ausführung: Allgemein, ganz besonders aber da, wo von dem Unterholz keine Nutzung erwartet wird, ist auf möglichste Reduktion der Kosten des Verfahrens zu achten. Je nachdem das Kulturmaterial verfügbar ist, wählt man Saat oder Pflanzung. Als Saatmethode findet man breitwürfiges Einbringen ebenso wie Riefen- und Plätzesaat in Anwendung. Mastjahre der Buche und Tanne sind möglichst auszunutzen. Wird Pflanzung vorgezogen, so bedient man sich eines einfachen Verfahrens mit geringen Pflänzlingen (zweijährige Buchen und Hainbuchen, 2—3jährige und ältere Tannen). Die Anzucht der Pflanzen erfolgt zweckmäßig auf Wandersaatbeeten unter Schutzbestand [1]). Der zu unterbauende Bestand ist vorher, falls die

1) In der Großh. hess. Oberförsterei Viernheim werden z. B. massenhaft Buchenpflanzen in lichten Kiefernbeständen auf oberflächlich vorbereiteten Beeten erzogen. — Der Unterbau

natürliche Auslichtung einer Ergänzung bedarf, zu durchforsten, wobei namentlich die zu Nutzholz nicht tauglichen Stämme (Zwieselbildungen, Drehwuchs etc.) herauszunehmen sind. Die Schirmstellung ist in der Regel so zu wählen, daß nicht gleich in den ersten Jahren nach dem Einbringen des Unterholzes eine Nachlichtung nötig wird. Jedenfalls aber ist in allen Fällen mindestens derjenige Grad der Durchlichtung herzustellen, wie er einer entschieden starken Durchforstung entspricht.

C. Besondere Fälle des Unterbaues.

§ 84. 1. Unterbau der Eiche: Als Unterbauholzart empfiehlt sich zunächst ein Laubholz, in erster Linie die Buche. Namentlich wenn jüngere (40- bis 50jährige) Eichenbestände unterbaut werden sollen, ist das Einbringen von Nadelholz — abgesehen von den schon angedeuteten besonderen Bedenken gegen die Fichte — deshalb gefährlich, weil das Nadelholz, sobald es durch weiter vorschreitende Lichtung im Oberstande zu kräftiger Entwickelung angeregt wird, oft zu rasch in die Krone der Eichen nachdrängt und letztere, auch ohne daß vollständiges Ueberwachsen stattfände, durch seitliches Beengen schädigt. Behufs möglichster Vermeidung der Wasserreiserbildung ist beim Unterbau in Eichenbeständen stets vorsichtige, langsam gesteigerte Auslichtung des Oberholzes geboten. Zu dem Ende darf man auch mit dem Aushieb der nutzholzuntauglichen Eichen nicht auf einmal zu radikal vorgehen. 2. Unterbau der Kiefer: Die vorangedeuteten Gründe gegen Fichte und Tanne treten hier zurück. Unterbau mit Buche oder Tanne ist besonders empfehlenswert, sofern der Standort kein Hindernis bietet. Die Entwickelung der mit Nadelholz unterbauten Bestände gestaltet sich oft so, daß man vom waldbaulichen Standpunkte aus bei der weiteren Behandlung sowohl die Kiefer als die Tanne oder Fichte begünstigen und die Entscheidung gänzlich dem lokalen Wertsverhältnis der beteiligten Holzarten überlassen kann. — Vergl. auch Danckelmann „Kiefern-Unterbaubetrieb" (Zeitschr. f. F.- u. J. 1881, S. 1), desgleichen Weinkauff, Ueber den Unterbau der Kiefern mit Buchen im Pfälzer Wald (Fw. Zbl. 1896, S. 442). Auch Weymouthskiefer kann als Füllholz zur Erziehung von Kiefernstarkholz auf Buntsandstein mit gewählt werden. 3. Unterbau der Lärche: Hier kommt zunächst wiederum die Buche als einzubringende Holzart in Frage, doch kann meist ebensogut ein Nadelholz, vorab die Tanne gewählt werden.

II. Lichtungsbetrieb insbesondere[1]).

A. Allgemeine Gesichtspunkte.

§ 85. Die Wirkung des Lichtes [2]) ist unter den bei der Entwickelung der Pflanzen wirksamen Faktoren mit in erster Linie beteiligt. Vermehrter Lichtgenuß steigert den Zuwachs, sofern die sonstigen Wachstumsbedingungen, insbesondere die Feuchtigkeitsverhältnisse und das Nährstoffkapital des Bodens günstig sind. Als direkte Folge des erhöhten Lichteinflusses auf die Baumkrone ist immer ein gesteigerter Zuwachs am einzelnen Baum zu konstatieren, wenn er sich öfters auch nur zunächst im größeren Wachstum der Krone und der Wurzeln ausdrückt [3]). Diese Zuwachsvermehrung

---

mit stärkeren Pflanzen kann nur in sehr verlichteten Beständen zur Bewältigung des Unkrauts in Frage kommen, ist aber wegen der hohen Kosten bedenklich. — Bereits vorhandene Bodensträucher können je nach ihrer Art (Rhamnus, Viburnum, Lonicera etc.) unter Umständen belassen bezw. in den Unterbau einbezogen werden (nötigenfalls nach vorherigem Aufdenstocksetzen), immer jedoch so, daß die einzubringende Schattenholzart nicht notleidet, sondern herrschend wird.

1) Vergl. Burckhardt, „Lichtungsbetrieb der Buche und Eiche" in Aus dem Walde VIII, S. 88 ff.

2) Vergl. Cieslar, Einiges über die Rolle des Lichtes im Walde. Mittlgn. a. d. forstl. Versuchswesen Oesterreichs. 30. Hft. 1904. — Wiesner, Der Lichtgenuß der Pflanzen, 1907. — Beck, Das Licht als Produktionsfaktor in der Forstwirtschaft. Thar. Jhrb. 1912, S. 4.

3) Graßmann, „Beitrag zur Lehre vom Lichtungszuwachs etc." (A. F.- u. J.-Z. 1900, S. 45.)

findet aber ihre Grenze. Sie geht beim Einzelbaume und entsprechend auch beim Bestande nicht über ein bestimmtes Maß hinaus, weil die überhaupt mögliche Arbeitsleistung des Baumes eine beschränkte ist, bedingt durch die größte Zahl dabei tätiger Organe (Wurzeln, Blätter), die er überhaupt auszubilden vermag, bezw. bis zu einem bestimmten Zeitpunkte ausgebildet hat. Der einzelne Baum kann nicht mehr als einen beschränkten Standraum ausnutzen. Das mögliche Maximum der Leistung des Einzelbaumes ist zu kombinieren mit der auf der Flächeneinheit vorhandenen Anzahl der Individuen. Ueberdies ist die durch Freistellung veränderte Zuwachsverteilung am Baume (veränderte Form, verhältnismäßig starke Verdickung des unteren Schaftteiles), sowie die durch Zuwachssteigerung etwa herbeigeführte Aenderung der technischen Eigenschaften (breite, enge Jahresringe etc.) zu beachten. Diese stärkere Zunahme des unteren Schaftteiles ist nach Metzger [1]) bedingt durch das größere Andrängen des Windes bei Freistand, das ein Tieferrücken des Schwerpunktes erheischt, wie solches durch Verstärkung des Dickenwachstums im unteren Teile des Schaftes erfolgt. Ausschlaggebend für den Wirtschaftserfolg ist schließlich der Preis der insgesamt auf der Flächeneinheit in gegebener Zeit erzielten Produkte.

Der Lichtungsbetrieb schließt sich unmittelbar an die starke Durchforstung an. Die Grenze zwischen beiden dürfte, wenn eine durchschnittliche Zahl angegeben werden soll, vielleicht bei einer Entnahme von 0,2 der Masse des normal entwickelten Vollbestandes zu finden sein [2]). Ein dieses Maß übersteigender Aushieb unterbricht den Kronenschluß in der Regel schon so weit, daß am stehengebliebenen Bestandesteil ein eigentlicher Lichtungszuwachs zur Auswirkung kommt. Ob aber ein solcher immerhin noch geringer Eingriff genügt, um die höchste Leistung herbeizuführen, ist erst durch zahlreiche komparative Versuche noch weiter zu erforschen [3]).

Mit dem Namen „Lichtungsbetrieb" wird nicht gerade eine besondere Grundform forstlicher Betriebssysteme bezeichnet, sondern man meint damit gewöhnlich nur gewisse Formen des schlagweisen Hochwaldes, welche sich als Modifikationen des nach der Schablone heraufwachsenden mehr oder minder gleichalterigen Schlußbestandes charakterisieren. Dagegen ist der durch neuere Untersuchungen wiederholt nachgewiesene bedeutende Lichtungszuwachs im Plenterwald nicht das Produkt eines besonderen Lichtungsbetriebs, sondern mit dem normal geleiteten Plenterbetrieb durch dessen grundsätzliche Eigentümlichkeiten jederzeit verknüpft. Ebenso gehört der Lichtungszuwachs an Ueberhältern für den zweiten Umtrieb nicht unter die Rubrik „Lichtungsbetrieb".

B. Bedingende Momente.

§ 86. Auch hier kommen, analog wie beim Unterbau, eine Reihe einzelner Umstände in Betracht, nämlich: der zu lichtende Bestand, der besondere Zweck des Lichtungshiebs, die Zeit des Beginnes, das Maß der Lichtung, die Art und Häufigkeit wiederholter Lichtungen, der mit der Lichtung etwa verbundene Unterbau.

1. Der Bestand: Beim Lichtungsbetrieb handelt es sich keineswegs nur um die Erzielung hervorragenden Nutzholzes, sondern um Zuwachssteigerung überhaupt, so daß er auch für Brennholzorte oft mit Vorteil eingeführt werden kann. Nur ist in solchen wegen der verhältnismäßig geringeren Wertsmehrung der Kostenauf-

1) Metzger, „Studien über den Aufbau der Bäume und Bestände nach statischen Gesetzen" (Münd. forstl. Hefte V und VI).

2) cfr. den S. 181, Anm. 1 erwähnten Arbeitsplan der Versuchsanstalten, woselbst der geringste Lichtungsgrad auf Aushieb von 20% der Holzmasse normiert ist; jede geringere Entnahme würde noch als Durchforstung zu bezeichnen sein.

3) Borggreve ist der Ansicht, daß eine Verminderung der Masse um 0,2 als Regel genüge, um vollen Lichtungszuwachs zu gewähren. Bei diesem Eingriff sei ein Unterbau keinenfalls nötig, weil die Kronenlockerung noch eine sehr mäßige sei. Ueberdies will B. hauptsächlich den Lichtungszuwachs der späteren Lebensperioden eines Bestandes nutzbar machen, während andere, wie z. B. Wagener davon ausgehen, daß der Lichtungszuwachs vornehmlich bis zum etwa 80jährigen Alter Großes leiste.

wand für künstliche Einbringung eines Unterstandes vorher noch sorglicher zu erwägen, als bei dem mit hohem Qualitätszuwachsprozent arbeitenden Nutzholzbestande. Bildet sich dagegen Unterwuchs durch vorzeitige, infolge der Lichtung beschleunigte natürliche Besamung, so daß der Boden gedeckt ist, so kann auch für Brennholzwirtschaften (Buche) die stärkere Durchlichtung infolge der Zuwachssteigerung bei gleichzeitiger Abminderung des Materialvorrates von hoher Bedeutung werden. Immerhin besteht der Hauptzweck des Lichtungsbetriebes in möglichst kurzfristiger Anzucht hochwertigen Nutzholzes, weshalb neben der Eiche namentlich wieder unsere Nadelhölzer: Kiefer, Lärche, Tanne (Fichte) in Betracht kommen. Aber nur Bestände auf besten und besseren Standorten lohnen die auf die Durchführung des Lichtungsbetriebes verwendete Mühe entsprechend.

2. Der besondere Wirtschaftszweck: Daß lediglich wuchsfähigen Stämmen im Lichtbestand die gewünschte Zuwachssteigerung zugemutet wird, ist selbstverständlich. Wo Nutzholz erzogen wird, sind im allgemeinen alle Stämme von zweifelhafter Nutzholzqualität in solchem Umfange zu entfernen, daß nicht dadurch eine augenblicklich oder für die Dauer zu weitgehende Bestandeslichtung herbeigeführt wird. Man kann in der Folge (durch nur mäßige Lichtung) eine Mehrzahl annähernd gleichgearteter mittelstarker Stämme erziehen oder durch stärkeres Freihauen einzelner Individuen eine kleinere Zahl von Stämmen besonders begünstigen. Außerdem ist darüber zu entscheiden, ob man vorzugsweise die Mittelklassen fördern oder die Individuen der stärksten Klasse zur Ausbildung hervorragender Dimensionen bringen möchte; ferner, ob man den Zweck durch gleichmäßige oder mehr gruppenweise Verteilung der zu belassenden Stämme erreichen will.

Gleichmäßige Verteilung wird beim eigentlichen Lichtungsbetrieb immerhin die Regel bilden. Man muß dabei auf den Einzelstamm eingehen. Möglichst viele, allseitig normal entwickelte Individuen sollen im Bestande vorhanden sein, für deren jeden ein bestimmter Anteil am Boden- und Luftraum verfügbar ist. Die Anordnung in Gruppen ist gleichbedeutend mit dem Uebergang zur Femelschlagform, welche hier nicht beabsichtigt wird. Ob mehr die stärksten oder mehr die mittelstarken Stämme bei der Schlagstellung zu berücksichtigen sind, hängt zunächst von der Verteilung der Gesamtstammzahl auf die einzelnen Durchmesserstufen, sowie von der räumlichen Verteilung der einzelnen Stärkeklassen im Bestande ab. Daneben entscheidet das Wertsverhältnis der verschiedenen Sortimente.

3. Beginn: Der Arbeitsplan des Vereins deutscher forstlicher Versuchsanstalten setzt als Zeit für Einleitung von Versuchen über Lichtungsbetrieb das Alter der Bestände von 30—70 Jahren fest. Hiermit ist alles ausgedrückt, was als allgemeine Regel ausgesprochen werden kann. Man will früh beginnen, um dem Bestande durch einen möglichst langen Zeitraum seiner Gesamtentwicklung die Vorteile der Lichtung zu sichern, doch aber nicht so früh, daß nicht der Bestand vorher, mehr oder minder geschlossen, eine gehörige Mittelhöhe erreicht und sich dabei von überflüssigen Aesten genügend gereinigt hat. Man will und kann keinen bestimmten Zeitpunkt angeben, in welchem die erste Durchlichtung behufs Herbeiführung des größten Erfolgs stattzufinden hat, sondern macht alles von der jeweiligen Beschaffenheit des Bestandes abhängig, der doch mindestens schon als angehendes Stangenholz angesprochen werden soll. Mit jener Umgrenzung soll auch nicht erklärt werden, daß jeder später als im 70. Jahre beginnende Lichtungsbetrieb wertlos sei; diese Zahl gilt vielmehr lediglich für die besonderen Zwecke der einzuleitenden Versuche. In vielen Fällen wird auch eine später erfolgende Lichtung noch guten Erfolg haben.

Holzart, Bestandesbegründung, bisherige Behandlung, Standort, auch in beschränktem Maße die Absatzverhältnisse beeinflussen im konkreten Falle die Entscheidung in ähnlicher Weise, wie dies in § 83 bezüglich des Unterbaues angedeutet worden ist. Ueberdies kann ja

über die einschlägigen Fragen erst in Zukunft durch komparative Versuche endgültige Aufklärung gewonnen werden. Im allgemeinen aber dürfte möglichst frühzeitiger Beginn am erfolgreichsten sein.

4. Das Maß der Lichtung: Ein auch nur in den meisten Fällen absolut bestes Maß der Lichtung kann nicht angegeben werden. Abgesehen davon, daß auch in dieser Richtung sichere Anhaltspunkte für jede allgemeinere Beurteilung noch fehlen, erfordern vielmehr die besonderen Umstände des einzelnen Falles je eine besondere Begutachtung. Auf mehr als 50 Prozent des Vollbestandes (bezogen auf die Stammgrundfläche) wird man den Aushieb nur selten ausdehnen, ja in den weitaus meisten Fällen nicht an diese Grenze herangehen, wenigstens sicherlich nicht, wenn nur die Entwickelung des Oberstandes ins Auge gefaßt wird. Anderenfalls erhalten die Einzelstämme schon einen über das Maximum ihrer Ausnutzungsfähigkeit hinausgehenden Standraum. Jedenfalls kann ein 20% der Masse des regelmäßig durchforsteten Vollbestandes übersteigender Eingriff kaum ohne gleichzeitigen Unterbau stattfinden. Wohl aber können im Einzelfalle Rücksichten auf die Erziehung eines wertvollen Zwischenbestandes, event. auch Fehlen einer genügenden Anzahl Nutzholz versprechender Oberholzstämme einen weitergehenden Eingriff begründen. Doch steht man dann vor einer waldbaulichen Aufgabe, die korrekterweise nicht eigentlich mehr als Erzielung möglichst wertvollen Lichtungszuwachses bezeichnet werden kann. Jedenfalls muß man bei der Herstellung stärkerer Lichtungsgrade, mit Rücksicht auf Schaftlodenbildung (Eiche), Sturmgefahr, Duftbruch usw., vorsichtig sein. Die allmähliche Ueberleitung [1]) verdient in solchen Fällen vor plötzlichem Uebergang den Vorzug.

5. Wiederholte Lichtung: So oft der Charakter des erstmals eingeführten, bezw. dauernd beabsichtigten Lichtstandes durch erfolgte Kronenverbreiterung verloren gegangen ist, muß eine Nachlichtung eintreten. Da eine beschleunigte Neubildung in der Krone des gesunden, wuchskräftigen Baumes die naturgemäße Folge der Lichtung ist und dadurch der Bestand seinen Lichtungsgrad alsbald zu verringern beginnt, so kann nur durch andauernden Aushieb von Stämmen, bis zu gewissem Grade auch durch Aufastung, ein bestimmter durchschnittlicher Lichtungsgrad erhalten bleiben. In der Praxis ist dies auf größeren Flächen unausführbar. Vielmehr wird, von ganz besonderen Ausnahmefällen feinerer Bestandespflege abgesehen, in bestimmten (5—10jährigen) Perioden die Durchlichtung wiederholt, in derselben Weise, wie auch bei den Durchforstungen meist nur periodische Wiederkehr des Hiebs in die einzelnen Waldorte möglich ist. Sorgfältige Begutachtung der einzelnen Stämme bei der Auszeichnung ist hierbei dringend anzuraten.

6. Unterbau: Er bildet beim Lichtungsbetrieb immer dann die Regel, wenn sich nicht durch natürliche Besamung (Schattenhölzer wie Buche, Tanne, Fichte) oder durch Stockausschlag (z. B. von Linde, Buche, Hainbuche, Eiche, selbst von Strauchhölzern) oder durch Vermittelung von Vögeln ein den Boden schützender Unterwuchs einstellt. Bloßes Ueberkleiden des Bodens mit Forstunkräutern etc. wird aus den in § 82 angegebenen Gründen nicht für genügend erachtet. Alle für den Unterbau maßgebenden Gesichtspunkte kommen in Betracht.

C. Spezielle Fälle des Lichtungsbetriebes.

§ 87. Die in § 84 (besondere Fälle des Unterbaus) gegebenen Direktiven gelten auch hier, sofern es sich um Lichtung in Eichen-, Kiefern- und Lärchenbeständen handelt. Bei den Schattenhölzern Buche, Tanne und Fichte ist ein Lichtungsbetrieb ziemlich gleichbedeutend mit frühzeitiger Einleitung der natürlichen Verjüngung

1) Vergl. die sog. „Vorlichtung" Krafts in Burckhardts „Aus dem Walde" IX. S. 71.

und langem Verjüngungszeitraum. Ein künstlicher Unterbau fällt bei diesen Holzarten meist weg, vorausgesetzt, daß man einen stärkeren Eingriff in den Bestand erst im Alter der angehenden Mannbarkeit (nach Standort, Bestandesbehandlung etc. wechselnd) vornimmt. Bei der weiteren Behandlung ergeben sich zahlreiche Modifikationen, je nachdem, ob man die erstmals eingetretene Besamung alsbald zur Erziehung eines Jungbestandes benutzt und durch allmählichen Nachhieb dem Aufschlag (durch den ganzen Ort gleichmäßig oder unter besonderer Berücksichtigung von Gruppen und Horsten) den für seine Entwickelung nötigen Raum schafft oder ob man einen sich einstellenden Jungwuchs unter dem Druck eines allmählich wieder mehr oder minder dicht sich schließenden Kronendaches nicht aus der Rolle eines bloßen Bodenschutzholzes herauskommen, ja demnächst vielleicht wieder ganz verschwinden läßt (Buche und Fichte), um erst einem späteren Mastjahr die Begründung eines neuen Bestandes zu übertragen.

Von den zahlreichen, da und dort herausgebildeten, bezw. in der Literatur für bestimmte Verhältnisse empfohlenen, besonders charakterisierten Formen mögen hier nur folgende hervorgehoben werden:

1. Der zweialterige Hochwald Burckhardts[1]): Eine gelegentlich für die Buche empfohlene Bestandesform, welche dadurch bezeichnet ist, daß im Moment der Hiebsreife des Oberstandes ein Unterwuchs vom halben Umtriebsalter vorhanden ist, wobei u = 140—160 Jahre. Vom Unterwuchs bleiben beim Hieb ca. 50 bis 60 Standbäume pro ha stehen, welche beim nächsten Hieb, also nach 70—80 Jahren den Oberstand bilden. Verjüngung durch natürliche Besamung, selbst unter Benutzung von Stockausschlag, sowie in Notfällen unter künstlicher Beihilfe. Charakteristisch ist der große Standraum der einzelnen Oberbäume und die dadurch bedingte Entwickelung des Unterwuchses zu einem ertragsreichen Zwischenbestand.

2. Der modifizierte Buchenhochwaldbetrieb von v. Seebach[2]). Ein durch die Durchforstung gehörig vorbereiteter 70—80jähriger Buchenort wird unter Benutzung eines Mastjahres verjüngt. Im Oberstand werden so viele Stämme beibehalten (ca. 300 Stämme = etwa 0,4 der Masse), daß deren Kronen nach 30—40 Jahren (also im normalen Umtriebsalter von 100—120 Jahren) wieder voll geschlossen sind. Der Unterwuchs wird nur als Bodenschutzholz betrachtet, das mit vorschreitender Kronenannäherung des Oberstandes mehr und mehr zurückgeht. Im normalen Hiebsalter erfolgt dann eine regelrechte natürliche Buchenhochwald-Verjüngung. Inzwischen sind die Stämme unter dem Einflusse der vor 30—40 Jahren eingetretenen Lichtung zu besonders starken Hölzern erwachsen.

Angewendet zuerst von Oberforstmeister von Seebach (etwa 1835) im hannöverschen Solling, zunächst als Notbehelf beim Mangel genügender Mengen haubaren Holzes. Inzwischen mehrfach benutzt (z. B. versuchsweise in einigen württembergischen Revieren), um ohne Erhöhung der Umtriebszeit stärkere Buchenhölzer zu erziehen.

3. Die Homburgsche Nutzholzwirtschaft[3]): Die ihrem Wesen nach eigentlich als ein Ueberhaltbetrieb zu charakterisierende Wirtschaft

---

1) cfr. Burckhardt, „Säen und Pflanzen", 6. Aufl. S. 139. — Beling, „Der Stangenholzbetrieb" in den Forstl. Blättern von 1874, S. 148.

2) cfr. v. Seebach, Krit. Bl. 21. Bd. 1. Heft S. 147 (1845). Kraft in „Aus dem Walde" VII, S. 40. Burckhardt, „Säen und Pflanzen". 6. Aufl. S. 113.

3) G. Th. Homburg, Die Nutzholzwirtschaft im geregelten Hochwald-Ueberhaltbetrieb, 1878, 2. Aufl. 1890. — Derselbe, „Ein Beitrag zur Nutzholzwirtschaft im geregelten Hochwald-Ueberhaltsbetrieb" (A. F.- u. J.-Z. von 1879, S. 275 ff.). — Derselbe, „Ein weiterer Beitrag . ." (A. F.- u. J.-Z. 1881, S. 365). — Ders., „Ein weiterer Beitrag . ." (Forstw. Zentralbl. v. 1884, S. 209).

darf gleichwohl insofern hier mit aufgeführt werden, als bei ihr durch Freihauen die später den Oberstand bildenden Nutzholzexemplare von Anfang herein auf diese Funktion vorbereitet werden. In der Regel bildet die Buche den Grundbestand. Beigemischt sind ihr, einzeln oder in Horsten, vorzugsweise die Eiche, nach Umständen aber auch Esche, Ulme, Ahorn, sowie Nadelhölzer verschiedenster Art. Durchschnittlich im 70jährigen Alter des Buchengrundbestandes erfolgt dessen natürliche Verjüngung, welche durch ($^1/_5$—$^1/_4$ des Vollbestandes umfassend) energische, die Plege der demnächstigen Oberständer besonders berücksichtigende Vorhiebe bezw. Lichtungshiebe, eingeleitet wird. Gleichzeitig mit der Verjüngung der Buche werden die übrigen Holzarten, welche für den nächstfolgenden Umtrieb (neben einer Anzahl von Buchenüberhältern) die Oberbäume werden sollen, durch Saat oder Pflanzung oder durch Vorverjüngung (unter Benutzung der Stocklöcher usw.) und zwar möglichst horstweise eingebracht. Außer der Eiche werden hauptsächlich Tanne, Esche, Ahorn, Ulme, Fichte, Lärche und Weymouthskiefer empfohlen. In welcher Zahl diese vorhanden sein können, hängt wesentlich auch von den Bedürfnissen des neu erwachsenden Bestandes ab. Da dieser die Nachhaltigkeit der Wirtschaft vermittelt, darf er selbst in seinen Schattenholzpartien nicht dauernd in starkem Schirmdruck erhalten werden. Die deshalb erforderlichen Nachhiebe bringen zugleich den verbleibenden Oberständern freieren Wachsraum und damit kräftigere Ausbildung.

4. Wagener's Lichtwuchsbetrieb[1]): Eigenartig ist der Grad der Lichtstellung und die Zeit des Beginnes. Wagener geht davon aus, daß eine möglichst frühzeitige Ausnutzung des Lichtungszuwachses die besten Erfolge zeitigt. Bereits im Alter von 25—40 Jahren werden die künftigen Haubarkeitsstämme ausgesucht und umlichtet.

Der Kronenfreihieb wird natürlich nur kräftigen, nutzholztauglichen Stämmen zuerkannt. Unter Voraussetzung der Wiederholung des Freihiebes in 10 jährigen Perioden würde ein freier Gürtel um die Einzelkrone von ca. 60 cm Breite genügen. Die Erziehung von mindestens 30—35 cm in Brusthöhe starken Stämmen in etwa 80 jährigem Umtrieb ist das Ziel der Wirtschaft — ein Ergebnis, welches bei der gewöhnlichen Erziehung im Schlußbestand nicht innerhalb der üblichen Umtriebszeiten erreicht werden kann. Zeitpunkt für die Vornahme des ersten Kronenfreihiebs ist jenes Stadium der Bestandesentwicklung, wo die Stämme durchschnittlich bis auf eine Höhe von 10—12 Meter vom Boden nur noch dürre oder nicht mehr beachtenswert fortwachsende Aeste besitzen. Bis dahin (d. h. auf Mittelboden etwa bis zum 30—40 jährigen Alter) ist dichter Kronenschluß zu erhalten. Von trockenen, flachgründigen, heidewüchsigen Böden soll der Betrieb fern bleiben. Etwa 500 Stämme pro Hektar bilden schließlich den normalen Bestand. Vom ersten Kronenfreihieb werden deshalb mindestens Stämme in je 4—5 Meter Abstand (auf ca. 20 Quadratmeter Fläche ein Stamm) betroffen, natürlich ohne daß eine regelmäßige Stellung Bedingung ist; man ist bei der Auszeichnung von der zufälligen Gruppierung der stärksten Stämme abhängig. Im Zwischenstand bleibt der Kronenschluß erhalten. Sind die freigehauenen Stämme Lichthölzer, so ist unter ihnen baldigst ein Unterbau vorzunehmen. Vorsicht beim Kronenfreihieb (Umbiegen in Gertenhölzern etc.) ist geboten. — Auf den Vorteil der raschen Erstarkung wird namentlich auch für Buchenbestände hingewiesen. — Das Höhenwachstum leidet nach Wagener durch die frühe Freistellung nicht. Die Abformigkeit des ganzen Schaftes wird durch den stärkeren unteren Schaftteil, sowie durch besseres Holz ausgeglichen. — Wiederholte Lichtung nach Bedarf (abhängig hauptsächlich von den Absatzverhältnissen). — Der Lichtwuchsbetrieb ist, soweit bekannt, bis jetzt erst auf kleinen Flächen durchgeführt. Was er leistet, ist zunächst noch durch eine größere Anzahl komparativer Versuche festzustellen. Die Anwendung im großen würde jedenfalls (bei der Auszeichnung, Hiebsführung etc.) größte Aufmerksamkeit des Wirtschafters erfordern.

5. Mayr's Kleinbestandswald mit Erziehungsverjüngung. Um der modernen Forstwirtschaft aus dem Dilemma sich widerstreitender waldbaulicher und ökonomischer Gesichtspunkte und Aufgaben herauszuhelfen,

1) Zu vergleichen: Wagener, „Waldbau", insbes. S. 246 ff., ferner Danckelmann, „Waldbauliche Theorien und Reform-Bestrebungen von Gustav Wagener" (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1887, S. 329 ff.); ferner G. Wagener, „Die Fortbildung des Waldbaues", A. F.- u. J.-Z. von 1887 S. 7 ff., 145 ff., 257 ff.

empfiehlt Prof. Mayr in seinem „Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage", den Wald nur aus kleinen, 0,3 bis 3,0 ha großen reinen Beständen zusammenzusetzen. Diese von der jeweils standortsgemäßen Holzart gebildeten Kleinbestände sollen bis zum 30. oder 40. Jahre nur von den untauglichen Individuen gesäubert, sonst aber zum Zwecke der Reinigung geschlossen gehalten werden. Den vom 30. bezw. 40. Jahre einsetzenden Durchforstungen folgen vom 50. Jahre an Durchlichtungen unter prinzipieller Beseitigung alles Unterdrückten, damit die Kronen der Hauptstämme sich nicht mehr schließen können. Diese Durchlichtungen sind vom 50. bis 80. Jahre aller 5, später aller 10 Jahre zu wiederholen. Bei Beginn der Durchlichtungen erfolgt Unterbau mit einer Laubholzschattenart (Buche, Hornbaum, Weißerle), event. unter gleichzeitiger Düngung geringer Böden. Nach Erreichung des Haubarkeitsalters Naturverjüngung unter Schirm mit voller oder teilweiser Beseitigung des Unterbaues im Samenjahr. — Der Mayr'sche Betrieb steht und fällt mit dem Unterbau. Wo dieser nicht gelingt, wie auf vielen mittleren und auf allen geringeren Böden zu erwarten ist, wird der Schlußeffekt der Erziehungsverjüngung, wie bei anderen an falscher Stelle angewendeten Lichtwuchsbetrieben, in Laubverwehung, Verunkrautung und Verwilderung des ganzen Bestandes bestehen.

6. Vogl's Lichtwuchsbetrieb[1]): 50—70jährige, vorher in zunehmender Stärke durchforstete Bestände (meist Fichte, Tanne) werden allmählich, zunächst durch Wegnahme der zurückgebliebenen Stämme gelichtet. Die Stammzahl geht bei periodischer Nutzung von 15—20 % der vorhandenen Masse nach und nach von 300 bis 400 im 60. bis 70. Jahre, auf 200 bis 250 im 100. Jahre zurück. Unterbau findet nur bei ausbleibender Naturverjüngung statt. Durch die frühzeitig eintretende Verjüngung, wie durch die nur allmählich erfolgende Lichtung soll der Boden vor Verwilderung bewahrt bleiben. Die hiebsreifen Stämme sollen im Durchschnitt 3 fm enthalten, so daß der Endhieb 600—750 fm Masse ergibt.

Großen Wert legt Vogl auf Erhaltung der Vorwüchse und sorgfältige Pflege derselben durch Aufastung. Die frühzeitige natürliche Verjüngung und das Streben, den Jungwuchs zur Bildung des neuen Bestandes zu erhalten und heranzuziehen, lassen sich mit dem Verlangen nach langandauernder Ausnutzung des Lichtungszuwachses der Mutterbäume jedoch nicht immer in gewünschter Weise vereinbaren. Die gegensätzlichen Interessen von Jung- und Altbestand müssen vielmehr zu Vernachlässigungen des Jungbestandes und zu weitergehenden Fällungs- und Räumungsschäden führen. Sturm-, Schnee- und Eisschäden sollen in den gelichteten Beständen wenig oder gar nicht schaden. Ebenso wird von Vogl eine Gefährdung bezw. Verschlechterung der Waldbodenkraft und zwar auch auf den Südseiten in Abrede gestellt. Endres (Bericht d. Deutsch. Forstvereins 1910, S. 88) bezeichnet den Boden im Gegensatz hierzu als „zum großen Teil verwildert". Ganz hervorragend aber sind die von Vogl erzielten Ergebnisse hinsichtlich der Steigerung der Stärken- und Wertszunahme der Lichtwuchsstämme.

D. Würdigung der Lichtungsbetriebe[2]).

§ 88. Trotzdem der Gedanke, den zuwachsfördernden Einfluß früherer oder späterer Umlichtung ausgesuchten Wertsstämmen zukommen zu lassen, schon alt ist und trotzdem die Lichtungsbetriebe teilweis ganz erstaunliche Beweise für die wertvolle Hilfe des Lichtes bei der Starkholzerziehung beigebracht haben, begegnet die forstliche Praxis der in den Lichtwuchsbetrieben gehandhabten Ausnutzung des Lichtungszuwachses nur vorsichtig und zurückhaltend. Die Gründe hierfür sind teils bodenpfleglicher Natur, teils darin zu erblicken, daß den zahlenmäßigen Nachweisen für die höhere Rentabilität der Lichtwuchsbetriebe allgemeine Bedeutung nicht bei-

---

1) Vgl. Vogl, Aus der Praxis 25jähr. Forstfinanzwirtschaft. Oesterr. Vierteljschr. 1887, 315. — Ders., Die Forste der Herrschaft Kogl, das. 1889, 303. — Ders., Zum Lichtwuchsbetrieb, A. F.- u. J.-Z. 1902, 270. 309. — Martin, Kritische Vergleichung der wichtigsten forsttechn. und forstpolitischen Maßnahmen deutscher und außerdeutscher Forstverwaltungen. Ztschr. f. Forst- u. Jagdw. 1901. 511.

2) Vgl. Bericht üb. d. XI. Vers. d. Deutsch. Forstvereins 1910, S. 34.

gemessen werden darf. Die von Vertretern dieser Betriebe angegebenen Zahlen über Massen- und Wertszuwachs gelichteter Bestände stellen fest, daß der Lichtwuchsbetrieb unter zusagenden Standorts- und Bodenverhältnissen eine sehr beachtenswerte Betriebsform zur Erhöhung der Rentabilität der Wirtschaft ist. Es kann jedoch bei zu weitgehender Lichtstellung der begünstigten Stämme trotz ihrer großen Massenleistungen leicht vorkommen, daß das Produktionskapital unzureichend verzinst wird und der Lichtungsbetrieb demnach vom Standpunkt der Rentabilität nicht gerechtfertigt ist.

In seiner reinen Form mit der Tendenz der stammweisen Ausnutzung des Lichtungszuwachses eignet sich der Lichtungsbetrieb zunächst nur für solche Holzarten, deren langanhaltender Lichtungszuwachs einen bedeutenden Wertszuwachs in sich schließt. Zu diesen Holzarten gehören vor allem die Eiche, nach ihr Kiefer und Lärche.

Voraussetzung für einen ansehnlichen und nachhaltigen Lichtungszuwachs ist ferner nicht allein ein verstärkter Lichtgenuß, sondern in gleichem Maße das Vorhandensein eines kräftigen, nährstoffreichen und frischen Bodens. Wo dieser fehlt, ist der Lichtungszuwachs zumeist nur eine vorübergehende Erscheinung und der Lichtungsbetrieb um so weniger am Platze, weil auch die conditio sine qua non des Lichtungsbetriebes, der Unterbau, auf solchen Böden versagt. Es ist selbstverständlich, daß die Lichtungsbetriebe umsomehr auf Bodendeckung bedacht sein müssen, je früher und je stärker sie den Kronenschluß durchbrechen, je weniger ein bodenschützender Unterstand sich von selbst einstellt und je länger die Umtriebszeit bemessen wird. Die in bezug auf Gefährdung der Bodenkraft laut gewordenen Bedenken gegen die Lichtungsbetriebe sind nicht unberechtigt und stehen, wie schon erwähnt, der zweifellos wünschenswerten Verallgemeinerung des Lichtwuchsprinzipes hindernd im Wege. Das ist zu bedauern; denn die Mehrzahl der Untersuchungen über die Rentabilität der lichtwuchsfreundlichen Bestandeserziehung spricht entschieden zugunsten eines sachgemäß geleiteten Lichtungsbetriebes. „Sachgemäß" heißt: Beschränkung auf die passenden Standorte und Holzarten und Vermeidung aller Extreme und aller Spekulationsideen. Eine so frühzeitige Freistellung der zu begünstigenden Stämme, wie sie Wagener vorschlägt, ist nichts anderes als der Versuch, mit dem Lichte Spekulationsgeschäfte zu machen. Wir haben bei so frühzeitigen Umlichtungen nicht die Gewißheit, ob der einzelne Baum die Freistellung in gewünschter Weise ausnützen wird. Weiterhin fehlt uns andererseits die Sicherheit, ob wir bei sehr extremen Lichtstellungen im höheren Alter in den Massen- und Wertsleistungen der wenigen Lichtstämme und in den höheren Vorerträgen einen hinreichenden Ersatz erhalten für den Ausfall an Gesamtleistung der vollbestockten Fläche, für die mit dem Unterbau verbundenen Kosten, wie auch für einen möglicherweise in Rechnung zu stellenden Rückgang der Bodenkraft. Alle diese Erwägungen lassen den g e m ä ß i g t e n Lichtungsbetrieb richtig erscheinen, d. h. einen Lichtungsbetrieb, der erst nach Abschluß des Hauptlängenwachstums in die Bestände eingreift und sich dann von zu starken und unvermittelt vorgenommenen Umlichtungen der brauchbar erscheinenden herrschenden Stämme ebenso frei hält, wie von zu weit gehenden Lichtstellungen überhaupt. Diesem aus der allmählich verstärkten Durchforstung ohne scharfen Uebergang herauswachsenden Lichtungsbetrieb ist zum Zwecke der Starkholzerziehung mehr Beachtung zu wünschen, als er bisher in der großen Praxis gefunden hat.

Fünftes Kapitel.

Die Aufastungen[1]).

§ 89. Unter Aufastungen oder Entastungen versteht man die Wegnahme von Aesten an stehenden Stämmen. Je nachdem diese Aeste schon abgestorben oder noch lebend sind, unterscheidet man Trocken- und Grünastung[2]).

I. Zweck: Die Aufastung kann in dreifacher Beziehung von Bedeutung werden, nämlich 1. für die Entwickelung der aufgeasteten Stämme selbst; 2. für die Entwickelung des Unterwuchses; 3. durch die dabei gewonnene Holzmasse. Bald veranlaßt uns die eine, bald die andere der genannten Absichten zur Ausführung einer Astung. In den meisten Fällen wird die Astung aber behufs

a) Erziehung guter Nutzstämme vorgenommen. Dabei kommt in Betracht die etwaige Wirkung der Aufastung α) auf die innere Gesundheit des Stammes, β) auf die inneren Strukturverhältnisse, γ) auf die Wachstumsverhältnisse (Formentwickelung etc.). In jedem Falle steht der Gebrauchswert des Stammes in Frage.

Ob und inwieweit die Aestung günstig wirkt, ist noch nicht endgültig und insbesondere noch nicht durch die erforderliche Reihe exakter komparativer Versuche genügend festgestellt. Je nach den vorliegenden Bedingungen wird der Erfolg ein sehr verschiedener sein. Die angestrebten Vorteile sind: Erzeugung astfreier Holzlagen, verbesserte Schaftform, Anregung des Wachstums überhaupt und insbes. des Höhenwachstums, Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen Stürme und sonstige Witterungsübel. Es fragt sich nur, ob diese Vorteile erreicht werden können, ohne daß gleichzeitig Nachteile eintreten, und ob weiterhin der Erfolg derart ist, daß sich der durch die Aufastung bedingte Kostenaufwand lohnt.

Solange es sich nur um Entnahme trockener Aeste (event. Aststummel) handelt, wie sie sich namentlich infolge mangelnder Lichtwirkung fast immer mehr oder weniger reichlich vorfinden, kann der Baum, entsprechend vorsichtige Ausführung vorausgesetzt, nur Vorteil von der Astung haben, indem dadurch eine Arbeit vollzogen wird, die er anderenfalls entweder durch allmähliches Abstoßen des toten Organs selbst vornehmen müßte, oder deren Unterlassung bei der Unmöglichkeit des Abstoßens stärkerer Aeste insofern nachteilig wirkt, als der tote Teil einwächst, zu Fehlstellen (Hornästen) Anlaß gibt und die Nutzfähigkeit des Stammes vermindert. Erhebliche Zweifel bestehen aber hinsichtlich der Grünastung: Die Ansichten über ihren Wert gehen sehr auseinander. Im allgemeinen aber steht fest, daß man selbst bei Bäumen von hoher Reproduktionskraft nicht über ein gewisses Maß (Zahl der zu entfernenden Aeste, Größe der Wundfläche) hinausgehen darf, wenn nicht die Nachteile (Minderung der Organe, mangelhafte Ueberwallung etc.) überwiegen sollen. Zweck der Grünastung ist meist Steigerung des Nutzwertes des aufgeasteten Stammes. Schaftreinheit, Vollholzigkeit und Langschaftigkeit sollen durch die Entnahme grüner Aeste ver-

---

1) Zu vergleichen: Allgemeiner Arbeitsplan für forstliche Aestungsversuche. Aufgestellt von dem Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten 1886, abgedruckt im Jahrbuch der preuß. Forst- und Jagdgesetzgebung und Verwaltung, 18. Bd. 4. Heft, S. 264 ff. Hier sind sämtliche bei der Aestung irgend in Betracht kommende allgemeine Gesichtspunkte aufs vollständigste zusammengestellt. Zugleich ist daraus zu ersehen, nach welchen Richtungen hin die ganze Frage der Klärung noch bedarf. — Vergl. auch Kienitz, „Ueber die Aufastung der Waldbäume“, Suppl. zur A. F.- u. J.-Z. X. Bd. 2. Heft, 1878. May, „Geschichte der Aufastungstechnik und Aufastungslehre“, F. Ztbl. 1889, 1890 u. 1891. Ferner „Instruktion für Aufastungen“ (im Großh. Hessen) F. Ztbl. 1899, S. 317. Hempel, Die Aestung des Laubholzes, insbes. der Eiche. Mittlgn. a. d. forstl. Versuchsw. Oesterreichs. 18. Hft. 1895. — Zederbauer, Untersuchungen über d. Aufästung der Waldbäume. Zbl. f. d. ges. Forstw. 1909, 413.

2) Gelegentlich (z. B. in dem vorgenannten Arbeitsplan) wird auch noch die sog. Welkästung unterschieden, worunter die Wegnahme natürlich oder künstlich (durch Einstutzen oder Ringelung) gewelkter Aeste verstanden wird.

bessert werden. Daß größere Astreinheit herbeigeführt ist, bedarf keines Beweises. Auch die Erziehung vollholzigerer Schäfte wird durch das mit der Wegnahme der unteren Aeste verbundene Hinausschieben der Krone unterstützt. Das Verhältnis der Jahresringbreiten im oberen und unteren Schaftteile verändert sich durch die Aufastung zugunsten der oberen Jahresringe, insofern diese breiter bezw. die unteren schmäler werden. Der dadurch herbeigeführten Förderung der Walzenform steht allerdings bei stärkerer Aufastung eine Verminderung des Gesamtzuwachses gegenüber. Hingegen lassen sich für die Richtigkeit der Annahme, daß durch Aufastung der Höhenwuchs befördert werden könnte, weder aus den vorliegenden Untersuchungen, noch von physiologischen Erwägungen aus einwandfreie Beweise erbringen. Man muß im Gegenteil annehmen, daß die mit jeder stärkeren Astung verbundene Verringerung der Assimilationsfläche einen Rückgang des Höhenwuchses zur Folge hat. Die Umstände, welche den Erfolg der Astung beeinflussen, sind nach Art und Umfang noch durch Versuche festzustellen. Im einzelnen sind dabei hinsichtlich der Objekte, an welchen die Astung vollzogen wird, zu beachten: die Holzart, die Standortsverhältnisse, die Bestandesverhältnisse im ganzen und der aufzuastenden Stämme im besonderen. Naturgemäß stehen betreffs der Holzart für den hier in Rede stehenden Zweck nur Nutzholzarten in Frage und zwar dürften in erster Linie die Eiche, sowie unsere Nadelhölzer ins Auge zu fassen sein. Hinsichtlich des Standorts kommen alle seine einzelnen Faktoren in Betracht, da sie in ihrer Verschiedenheit unzweifelhaft auch auf den Effekt der Astung modifizierend wirken. Auch das Alter der zu astenden Bäume ist zu beachten. Einem jungen bis mittelalten vollkräftigen Individuum kann man mehr zumuten als einem alten Stamme.

b) Förderung des Unterwuchses. Hierbei kommt namentlich der Mittelwald, sowie der Hochwald mit natürlicher Verjüngung in Betracht. Im Mittelwald ist die Bedeutung des Unterholzes bisweilen eine sehr erhebliche, weil viele Besitzer, von jeder einseitigen Steigerung der Oberholzproduktion absehend, auf die im Unterholz zu gewinnende Brennholzmenge besonderen Wert legen. Allzu reichliche Beschattung seitens der Oberständer behindert die freudige Entwickelung des Unterwuchses, so daß durch Entnahme eines Teils der Aeste an jenen, mit möglichster Berücksichtigung der unter a angedeuteten Gesichtspunkte, nachgeholfen werden muß. Nicht minder können unter Umständen die Jungwüchse des Plenterwaldes und des schlagweisen Hochwaldbetriebes eine Lockerung des Kronenschirmes durch Entastung (Wegnahme der unteren Aeste) fordern. Dadurch wird zugleich das spätere Ausbringen der Mutterbäume mit geringerer Schädigung des Unterwuchses möglich [1]). Immerhin darf man die nachteilige Wirkung einer nur zeitweise stärkeren Ueberschirmung des Jungwuchses nicht überschätzen, damit nicht für Aufastungen ohne Not zu große Kosten aufgewendet und nicht Stämme, welche noch längere Zeit stehen sollen, durch die Astung zugunsten des Unterstandes unverhältnismäßig geschädigt werden.

c) Materialanfall: Die Aufastung liefert nicht nur eine je nach Umständen mehr oder minder schätzbare Holzmasse, sondern wird vielfach auch zur Gewinnung von Streu (Reisstreu im Gebirg) und Futterlaub (z. B. von Eschen) regelmäßig vorgenommen. Namentlich letztere beide, dem Gebiete des Nebennutzungs-

1) z. B. Aufastungen im Schwarzwald. Die allmähliche Entastung, hauptsächlich zugunsten der Entwickelung des Unterwuchses, ist von der oft vollständigen Entastung unmittelbar vor der Fällung, behufs geringerer Beschädigung der Jungwüchse durch den fallenden Stamm, zu unterscheiden. Von letzterer ist man vielfach abgekommen, weil infolge des nunmehr ganz unvermittelten Aufschlagens der Stämme auf den Boden (Steinräuben!) zu viele, insbes. Tannen-Stämme zerbrechen.

betriebs zugehörenden Zwecke sind oft Veranlassung einer sonstige Rücksichten vernachlässigenden Ausdehnung der Maßregel (Schneitelbetrieb).

d) In einzelnen Fällen veranlassen noch andere Beweggründe zur Aufastung. Die häufigsten Vorkommnisse dieser Art sind Aufastungen an Wegen behufs Trockenlegung, an Bestandsrändern, um der Sturmgefahr vorzubeugen, an Eisenbahnen und Verkehrsstraßen, um feuerfangendes Dürrholz zu entfernen.

II. Erfolg der Astung: Außer den unten I a bereits angegebenen bedingenden Momenten sind von Einfluß die Ausführung der Entastung, die Zeit ihrer Vornahme, ihr Umfang (Anzahl und Stärke der weggenommenen Aeste) und die aufgewendeten Kosten.

A. Art der Ausführung und zwar

1. Ort der Abtrennung der Aeste: Man unterscheidet Astung scharf am Stamme, Astung in geringem Abstande vom Stamme (sog. Stummeln), Einstutzen der Aeste in größerer Entfernung vom Stamme zum Behufe der vorläufigen Verhinderung ihrer Stärkezunahme oder des allmählichen Abwelkens und späteren Nachschneidens am Stamme.

Beim Aesten scharf am Stamm kann der Schnitt parallel zur Baumachse oder senkrecht zur Astachse geführt werden. Im ersteren Falle ist die Wundfläche etwas größer, die Ueberwallung aber geht schneller vor sich, weil die Wundfläche in gleiche Ebene mit den Leitungsbahnen kommt; der Einfluß der Operation ist ein günstigerer, weil der beim Schnitt senkrecht zur Astachse verbleibende kleine Astwulst fehlt. — Das Belassen kurzer Stummel ist wegen Verlangsamung des Ueberwallungsprozesses und wegen Einfaulens der Stummel verwerflich, wogegen das Belassen längerer Astreste mit einigen noch grünen Zweigen sich dann empfehlen kann, wenn man starke Aeste an bald zu fällenden Stämmen nicht ganz zu entfernen wagt, inzwischen jedoch die Beschattung des Unterwuchses vermindern möchte.

2. Instrumente: Ein glatter Schnitt ist bei der Astung zur Erzielung möglichst rascher guter Ueberwallung unbedingt erforderlich; alles Splittern, Einreißen in Holz und Rinde, Loslösen der Rinde vom Holzkörper ist zu vermeiden. Nur für schwache Aeste, welche mit einem Hieb vom Stamm getrennt werden können, sind Beil oder Heppe, event. auch ein (von unten zu führendes) Stoßeisen statthaft. Im übrigen ist die Astung mit der Säge (Hand- oder Stangensäge) vorzunehmen, da es allein mit diesem Werkzeug möglich ist, glatte Schnitte auszuführen, ohne die Rinde aufzureißen. Besondere Aufastungssägen mit kleinen Zähnen und verstellbaren Blättern, wie z. B. diejenigen von Alers[1]), Nördlinger[2]), sowie Müller-Dörmer[3]).

3. Ausführung, Behandlung der Wundfläche: Zur Vermeidung des Einreißens in den Stamm ist bei Entnahme aller stärkeren Aeste von unten her zunächst an der Schnittstelle einzukerben; schwere Aeste werden überdies am besten stückweise entfernt. — Kleine Schnittflächen werden bei Nadelhölzern, bei welchen öfters Verschluß durch Harzaustritt erfolgt, einer besonderen Behandlung nicht unterzogen. Dagegen empfiehlt es sich, — ganz besonders bei der Herbstastung —, alle größeren Wundflächen bei Nadel- und Laubhölzern mit Teer zu überstreichen, um das Eindringen von Pilzkeimen zu verhindern. — Organisation der Arbeit: Nur durchaus zuverlässigen, geübten Arbeitern darf die Astung übertragen werden. Bis zu einer gewissen Höhe vom Boden (ca. 6 Meter, ja mit An-

1) Die sog. „Flügelsäge" von Forstmeister Alers in Helmstedt ist beschrieben in Alers „Ueber Aufästen der Waldbäume" etc. 2. Aufl. 1874. Ueber ihre Leistung zu vergleichen u. a. Heß, „Aufastung von Eichen" (Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen 1879, S. 353). Derselbe, Allg. F. u. J.-Z. 1874, S. 37 ff. — Derselbe, „Astungen in Fichtenstangenhölzern" (Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 1882, S. 452). — Zum Festhalten schwanker Aeste behufs des Absägens hat Alers eine auf einer Stange befestigte „Baumgabel" konstruiert; cfr. Allg. F.- u. J.-Z. v. 1886, S. 395.

2) cfr. Kritische Blätter, LI. Bd., 1. Heft, S. 220 ff.

3) A. F.- u. J.-Z. 1893, S. 200.

satzgestänge bis zu ca. 10—12 Meter) kann die Stangensäge angewendet werden; weiter hinauf wird die Astung durch Besteigen der Bäume vorgenommen. Zum Besteigen der Bäume sind besondere Steigapparate erfunden worden, so von Zehnpfund der sog. Steigrahmen [1]). Verbesserungen desselben wurden vorgeschlagen von Hefele [2]) und anderen. Die Anwendung der Alers'schen Baumgabel erfordert einen zweiten Arbeiter, der dann auch das Teeren der Wundstellen mit besorgen kann.

B. Zeit der Aufastung [3]): Als geeignetste Zeit der Aufastung wird allgemein die Zeit der Vegetationsruhe (Herbst und Winter) angenommen. Am günstigsten hielt man zeither schon immer den Nachwinter und den ersten Frühling, weil dann durch atmosphärische Einflüsse (Frost, Hitze) keine ungünstige Einwirkung auf die Wundfläche stattfinden und auch bei der Ausführung der Astung infolge Festsitzens der Rinde Loslösungen usw. nicht vorkommen könnten. Die neuerdings veröffentlichten Untersuchungen Zederbauers weisen darauf hin, daß Herbstastung nur bei Anwendung des Teeranstriches zulässig und daß das Frühjahr, März oder April, wegen der sofort eintretenden Ueberwallung die beste Zeit für die Aufastung ist. Bei der Herbstastung entsteht rings um die Wunde Bräunung der Rinde und dadurch Vergrößerung der Wunde, ein Vorgang, der namentlich bei Buche und Eiche die Verlegung der Aufastung in das Frühjahr angezeigt erscheinen läßt, während Nadelhölzer (Douglasie und Fichte) ohne große Schädigung auch im Winter oder Herbst aufgeastet werden können.

C. Ausdehnung der Astung: In Frage steht die Stärke der zu entnehmenden Aeste, deren Anzahl und Stellung am Stamm, im konkreten Falle beeinflußt durch Höhe des Kronenansatzes, Kronenlänge, Kronendurchmesser, Kronendichte etc. des zu entastenden Stammes.

Welche Größe die einzelne Wundfläche je nach Alter, Stärke und Wüchsigkeit des Stammes ohne Gefahr haben darf; in welchem Maße durch geringen vertikalen und seitlichen Abstand mehrerer Wundflächen voneinander, namentlich bei stärkeren Aesten der Ueberwallungsprozeß erschwert und die Gefahr einer von den Wunden ausgehenden Verderbnis erhöht wird; welche relative Gesamtausdehnung der Wundflächen eines Stammes man nicht ohne Nachteile, auch für die physiologischen Funktionen und die Zuwachsverhältnisse, überschreiten darf, sind Fragen, deren zuverlässige Beantwortung nach dem jetzigen Stand unserer Kenntnis noch nicht möglich ist. (Weißtanne und Fichte sollen, nach Dengler, bis zu 0,6—0,7, Kiefer und Lärche bis zu 0,8 der Baumhöhe entastet werden dürfen. Tramnitz hält die Entnahme von 20—33% der grünen Krone für zulässig, fordert aber für die Eiche, daß die Wunden [höchstens 4 cm Durchmesser!] in 3—4 Jahren überwallen.) Im allgemeinen ist vor Beseitigung starker Aeste zu warnen, wogegen schwächere Aeste an schönen Stämmen zu beseitigen sind. Zederbauer fordert, daß die Größe der Astwunden je nach Wüchsigkeit des Baumes und der damit zusammenhangenden Schnelligkeit der Ueberwallung nicht über 3 bis 6 cm im Durchmesser betragen soll.

D. Kosten: Die Aufastung ist als eine viel Sorgfalt erfordernde Manipulation verhältnismäßig teuer. Selbst wenn die hinsichtlich des Astungsverfahrens (Instrumente, Arbeitsorganisation etc.) günstigen Bedingungen ausfindig gemacht sind, ist zu erwägen, ob und inwieweit — nach Abzug des Wertes der anfallenden Astmasse — der Aufwand durch die erwarteten Vorteile gedeckt wird. Für sicheres ziffermäßiges Bemessen fehlen bislang die nötigen Anhaltspunkte.

Angesichts der zahlreichen bedingenden Faktoren ist die Aufastungsfrage eine überaus komplizierte, zu deren allseitiger Lösung sich Pflanzenphysiologen und Forstleute verbinden müssen. Vorläufig scheint bezüglich der Grünästung große Vorsicht

1) Zbl. f. d. ges. Fw. 1892, S. 465.
2) Fw. Ztbl. 1894, S. 299.
3) Vergl. Kienitz a. a. O. S. 68, 72, 75, 78, 80. Zederbauer a. a. O.

geboten zu sein, mindestens insoweit es sich um Stämme handelt, welche noch längere Zeit wachsen sollen. Jedenfalls wird man gut tun, die Aestung vorerst nur als eine Ausnahmemaßregel zu betrachten.

Sechstes Kapitel.

Die Bodenpflege.

§ 90. Da die Bewahrung der Bodenkraft für die Nachhaltigkeit der forstlichen Erträge von höchster Bedeutung ist, gehört die Bodenpflege als untrennbarer Bestandteil zur Bestandespflege. Für den Waldboden sind die auf Erhaltung bezw. Besserung der die Bodengüte bedingenden physikalischen und chemischen Faktoren — namentlich der Bodenfrische und des Nährstoffkapitales — gerichteten Maßnahmen sogar von besonderer Bedeutung, weil die von der Landwirtschaft zur Hebung erschöpfter Böden benutzten Mittel: Bodenbearbeitung und Düngung im forstlichen Betriebe der Kosten wegen nur in sehr beschränktem Maße zur Anwendung gelangen können. Eine pflegliche Waldwirtschaft muß bemüht sein, zunächst durch waldbauliche Maßnahmen die Notwendigkeit künstlicher Düngung und der S. 88 ff. genannten, bei der Herstellung eines kulturfähigen Bodens vielfach unumgänglichen Meliorationsarbeiten vom Waldboden fern zu halten. Hierauf hat sie umsomehr bedacht zu sein, je mehr der Boden von selbst zur Preisgabe seiner Produktionskraft hinneigt.

Die schon in früheren Abschnitten wiederholt genannten und nach ihrer praktischen Verwirklichung mehr oder weniger erörterten Gesichtspunkte der Bodenpflege im Walde umfassen die Erhaltung des Bodens, seiner Lockerheit und Frische, sowie seines Humusvorrates und Nährstoffgehaltes.

a) Erhaltung des Bodens. Sache des Waldbaues ist es, durch Wahl geeigneter Holz- und Betriebsarten die Erhaltung einer dauernden Bestockung dort zu sichern, wo die Gefahr der Bodenabschwemmung oder Flugsandbildung besteht. Die in solchen Verhältnissen mit Recht auf Schutzwaldbildung gerichteten forstpolitischen Maßnahmen zeichnen auch dem Forstschutz und der Forstbenutzung die Wege vor, die sie im Interesse des gemeinsamen Zieles zu gehen haben (Verbot der Streunutzung, Waldweide, Unterlassung der Stockrodung usf.).

b) Erhaltung der Bodenlockerheit. Im allgemeinen ist es dem forstlichen Großbetrieb nicht möglich, durch periodische Bearbeitung des Waldbodens mit Hand- oder Zugwerkzeugen (Hacken, Grubbern für einen namentlich auf bindigen Böden wünschenswerten Lockerheitsgrad zu sorgen. Auch das in früheren Zeiten in Betracht kommende Verfahren, durch Schweineeintrieb einen wohltätigen Umbruch der oberen Streu- und Bodenschicht herbeizuführen, hat heute an Bedeutung verloren. Umsomehr ist den unter d genannten, auf Erhaltung der normalen Streudecke, Streumischung und Streuzersetzung hinauslaufenden bestandespfleglichen Maßnahmen Beachtung zu schenken, damit der Wald selbst die ihm zufallende Aufgabe, den normalen Lockerungsgrad des Bodens zu erhalten, zu lösen imstande ist. Unter Umständen vermag der Wirtschafter durch Düngung mit lockernden bezw. bindenden Materialien, vor allem durch Kalkung (bei Trockentorfbildung) für eine Besserung der Bodenlockerheit Sorge zu tragen.

c) Erhaltung der Bodenfrische bezw. Herstellung eines normalen Feuchtigkeitszustandes. Da ohne Vorhandensein einer hinreichenden und gleichmäßigen Bodenfrische alle sonstigen Maßnahmen der Boden- und Bestandespflege nur wenig nützen, stellt die Regelung der Wasserfrage eine der wichtigsten Aufgaben der Waldwirtschaft dar. Zunehmende Trocken-

heit und ständiges Sinken des Grundwasserspiegels bringen es mit sich, daß die Forstwirtschaft an Stelle der ehedem auf Verbesserung des Waldzustandes abzielenden Entwässerungen jetzt vielfach auf die gegenteilige Maßnahme der Wasserzuführung hingewiesen wird.

1. Bewässerung. Angesichts der zumeist vorliegenden Unmöglichkeit direkter Wasserzuführung sind an trockenen Partien, soweit es ohne größere Kosten möglich ist, Vorrichtungen zu treffen, die schnelles Abfließen des atmosphärischen Wassers verhindern, das Wasser aufhalten und langsam versickern lassen. Als solche Vorrichtungen sind die besonders an trockenen Hängen mit Vorteil anzubringenden Horizontal- oder Sickergräben[1]) zu nennen.

Man versteht darunter 20—30 cm tiefe und ebenso weite, in einem Vertikalabstand von 2 bis 3 m, auf sanft geneigtem Gelände auch bis 5 m von einander entfernte, mit möglichst senkrechten Wänden ausgehobene, 4 bis 6 m lange Stückgräben. Ihr Wert beruht darin, daß sie sowohl das oberflächlich abfließende Wasser, wie auch das abgewehte Laub und den abgeschwemmten Boden zurückhalten. Sie erleichtern die Wasserverteilung und die anhaltendere Befeuchtung der unter ihnen liegenden Partien und sind auf trocknen, steileren Hängen ein vorzügliches Regenerationsmittel für rückgängige Waldungen. Sie bedürfen allerdings, wenn sie nachhaltig wirken sollen, öfterer Räumung.

Seitlich der Wegegräben angelegte quadratische oder rechtwinkliche Löcher (Sickerdohlen), in welche das in den Gräben abfließende Wasser geleitet wird, Wasserausgüsse, die an trocknen Stellen in die Bestände führen, an bedürftigen Partien zweckmäßig angebrachte Wegedurchlässe mit Stauvorrichtungen in den Gräben, um das Wasser zum Abfließen zu bringen, sind anderweitig vielfach ohne erheblichen Kostenaufwand mögliche Maßregeln, welche die Wasserentführung aus dem Walde erschweren und damit der Produktionssteigerung des Waldbodens Dienste leisten.

Planmäßige Grabenanlagen zur direkten Bewässerung günstig gelegener bedürftiger Bestände sind infolge zu hoher Kosten meist undurchführbar. Die in dieser Richtung laut gewordenen Vorschläge Anderlinds[2]) sind utopisch. Infolgedessen fehlen auch, von kleinen Ausnahmen[3]) abgesehen, zahlenmäßige Beweise für den Wert direkter Bewässerung. Hinsichtlich der praktischen Durchführbarkeit der Waldbewässerung trifft Mayr jedenfalls für die meisten Verhältnisse das Richtige, wenn er (Waldbau S. 523) als beste Bewässerung für bewaldete Gebiete — die Unterlassung der Entwässerung bezeichnet.

2. Entwässerung. Die Entwässerung hat sich, wie schon aus den letzten Worten hervorgeht, auf das Notwendigste zu beschränken. Es ist im allgemeinen fehlerhaft, gegen jede im Frühjahr oder auf Blößen sich zeigende nasse Stelle mit Entwässerungsgräben vorzugehen. Der Fehler wird um so größer, wenn das Wasser dem Walde nicht an anderer Stelle wieder zugeführt werden kann. In vielen Fällen genügt eine zeitweise und nur vorübergehende Entwässerung, um einen der Bestandesbegründung unzuträglichen Ueberschuß von Wasser zu beseitigen. Der heranwachsende Bestand zehrt den Ueberschuß auf und bedarf der Entwässerungsgräben nicht mehr. Auf mit älterem Holze bestockten Flächen hat die Entwässerung möglichst zu unterbleiben. Sie wird hier leicht zu einem störenden Eingriff in den Wasserhaushalt des Bestandes und zieht möglicherweise Zuwachsrückgang, Zopfdürre und Absterben des Holzes nach sich. Mit Rücksicht auf solche Vorkommnisse bedarf auch der Wasserentzug aus dem Walde zugunsten der Wasserversorgung von Gemeinwesen sorgfältiger Prüfung und gegebenen Falles vorsichtiger Einschränkung.

---

1) Haag, Ueber horizontale Schutz- oder Sickergräben. Forstwiss. Zbl. 1881, 208. — Müller, Horizontale Schutz-, Sicker- und Regenerationsgräben, ebend. 1904, 659.

2) Anderlind, Beschreibung der Bewässerung der Waldungen der Ebene mittels Fächer oder Hälter. A. F.- u. J.-Z. 1903, 447. — Ders., Streifenbewässerung, das. 1904, 257.

3) Böhmerle und Cieslar, Bewässerungsversuche im Walde. Zbl. f. d. ges. Forstw. 1905, 145 u. 195.

d) Erhaltung bezw. Verbesserung des Humusvorrates und des Nährstoffgehaltes. In bezug auf die Humusfrage sind vor allem die der Verhagerung leicht ausgesetzten flachgründigen Böden zweckmäßig zu behandeln. Erhaltung der lebenden und toten Bodendecke und eines mäßigen Bestandesschlusses, Schonung des Unterwuchses sind hier unbedingte Erfordernisse, während andererseits Unterlassung gänzlicher Entblößung des Bodens durch Kahlhieb und Begünstigung der natürlichen Verjüngung als wirksame Vorbeugungsmaßnahmen gegen Bodenverschlechterung und Raubwirtschaft Beachtung verdienen.

Abgesehen von den besonders gefährdeten armen Böden sind Mischung der Holzarten, namentlich der Licht- und Schattenhölzer, Einbringen der Buche in Nadelholzbestände, Unterbau in natürlich oder künstlich gelichteten Orten, Belassung bezw. Anzucht von Schutz- und Waldmänteln an den Bestandsgrenzen, schnelle Wiederaufforstung der Kahlschläge und Anwendung geeigneter, baldige Deckung des Bodens herbeiführender Kulturmethoden Mittel, die im Interesse der Erhaltung normaler Humus-, Lockerheits- und Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens überall, hier mehr, dort weniger dringend, Anspruch auf Berücksichtigung erheben.

Waldmäntel empfehlen sich namentlich am Rande exponierter Laubholzbestände, um der hier bei ständiger Windeinwirkung leicht vorkommenden Laubverwehung und Aushagerung der Randpartien vorzubeugen. Der notwendige Schutz kann durch Anlage eines Niederwaldstreifens an der gefährdeten Seite, meist besser aber durch Umsäumung des Laubholzes mit einem Nadelholzbande, oder auch durch Unterbau des Randstreifens mit Tanne oder Fichte hergestellt werden. Auch in Nadelholzbeständen ist ein sorgfältig erzogener Waldmantel ein nicht zu vernachlässigendes Hilfsmittel gegen Sturmschaden und gegen die mit dem Eindringen von Wind und Sonne dem Boden drohenden Gefahren.

Ueber die zweckmäßigste Art und Weise der Erziehung der Waldmäntel gehen die Ansichten aber auseinander. Während die einen den dichtgefügten, aus eng gestellten Bäumen gebildeten und bei den Durchforstungen unberührt gelassenen Waldmantel für den wirksameren halten, plaidiert man auf der anderen Seite für den weitständigen, aus frei erzogenen und dementsprechend tiefbeasteten Bäumen zusammengesetzten. Wo neben Bodenschutz auch Sturmschutz Aufgabe des Waldmantels ist, dürfte der weitständig erzogene, aus standfesten Bäumen gebildete seinen Zweck besser erfüllen.

Die oben zum Zwecke der Herbeiführung eines günstigen Humuszustandes geforderte Erhaltung des Bestandesschlusses darf, wie schon in früheren Abschnitten mehrfach hervorgehoben wurde, in reinen Fichten-, Buchen- und Tannenbeständen nicht zur Anhäufung von Trockentorfmassen führen. Auf Böden und in Lagen, wo dieses zu befürchten ist, hat entsprechende Schlußunterbrechung an Stelle der Schlußerhaltung zu treten, damit durch hinreichende Wärme- und Luftzuführung die Streuzersetzung gefördert wird.

Forstdüngung. Die Frage der Oedlandaufforstung, wie der Umstand, daß die Forstwirtschaft auf großen Flächen nur sehr spärliche Erträge infolge Armut des Bodens an Pflanzennährstoffen zu erzielen imstande ist, haben in neuerer Zeit zu ausgedehnten Versuchen über die Möglichkeit der Erhöhung des vorhandenen Nährgehaltes des Bodens durch Zuführung natürlicher und künstlicher Düngemittel geführt. Man nennt die forstliche Freilanddüngung, um sie von der längst üblichen und erfolgreichen Düngung der Saat- und Pflanzgärten zu unterscheiden, kurz Forstdüngung.

Neben den ausgedehnten Versuchen, die seit rund 2 Jahrzehnten zuerst in Belgien und Holland[1]) mit künstlicher Düngung bei der Aufforstung von Oedländereien durchgeführt worden sind, verdienen die von der hannöverschen Provinzialforstverwaltung, dem Heidekultur-Verein der Prov. Schleswig-Holstein, dem jütländischen Heidekultur-Verein, ferner die von den deutschen forstlichen Versuchsanstalten ausgeführten bezw. in Angriff genommenen Arbeiten Erwähnung. Besondere Anerkennung und Dank gebührt namentlich auch der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, die durch Schaffung eines Sonderausschusses für Forstdüngungsversuche und durch Bereitstellung reicher Mittel eine wenigstens teilweise Lösung der praktisch wichtigen Forstdüngungsfrage in erreichbare Nähe gerückt hat.

Aus der großen Zahl der bisherigen erfolgreichen bezw. ergebnislosen Forstdüngungsversuche lassen sich folgende Erfahrungen ableiten: die Forstdüngung hat nur Zweck auf den ärmsten und armen Böden, d. h. hauptsächlich auf unseren sandigen Kiefern- und Fichtenböden. Hier löst die Düngung die Aufgabe, die Bestandesbegründung zu erleichtern und der jungen Kultur über die ersten Jahre hinwegzuhelfen. Im mittleren und höheren Alter der Bestände ist die Düngung so gut wie wirkungslos. Wohl aber kann hier, sofern Trockentorfschichten[2]) vorhanden sind, durch Zuführung von Kalk und durch Bodenbearbeitung zur rascheren Zersetzung der Streu und dadurch zur Stickstoffanreicherung des Bodens beigetragen werden.

Auf allen mittleren und besseren Standorten unserer Waldungen ist Düngung nicht nötig. Sichtbare Erfolge zeitigt sie auf solchen Standorten nur dann, wenn der Boden in seinen oberen Teilen durch unzweckmäßige Behandlung gelitten hat.

Da die geringeren Waldböden nach den vorliegenden Nährstoffmangelversuchen ziemlich überwiegend Mangel an Stickstoff haben, heißt das Problem der Forstdüngung Stickstoffzufuhr. Diese kann mit Hilfe der künstlichen Stickstoffdünger (Salpeter, schwefelsaures Ammoniak) oder durch Auf- bezw. Einbringen vegetabiler Reste (Gründüngung, Waldstreu, Humus, Moorerde, Stroh, Kartoffelkraut) und endlich durch Vor- oder Zwischenbau von Leguminosen und Stickstoff bindenden Holzarten, der Robinie und der Weißerle, geschehen.

Die Anwendung der künstlichen Stickstoffdünger scheitert am Kostenpunkt; ihre Wirkung ist, verglichen mit dem Aufwand, zu kurz und zu gering.

Im forstlichen Betriebe kommen deshalb nur jene Stickstoffquellen in Betracht, die den Stickstoff zwar weniger intensiv wie Kunstdünger, dafür aber nachhaltiger zuführen. Das sind die genannten organischen Dungstoffe und Vor- bezw. Zwischenbau der sog. Stickstoffsammler[3]). Von letzteren leisten die Lupinen vielfach recht gute Dienste. Ihr Anbau setzt jedoch hin und wieder eine vorhergehende Düngung des Bodens mit Thomasmehl und Kainit voraus. Der geringeren Kosten wegen ist

1) Vgl. Verstappen, la culture des lupines et la restauration en Campine du sol épuisé des pinières. 1896. — Ramm, Ueber die Frage der Anwendbarkeit der Düngung im forstlichen Betriebe. 1893. — Giersberg, Künstl. Düngung im forstl. Betriebe. 2. Aufl. 1903. — Jentsch, Bestandesdüngungen in den Niederlanden und in Belgien. Forstw. Zbl. 1901, 225. — Henze, Die Entwicklung der Forstdüngungsfrage. Tharandt. Jhrb. 1904, S. 149. — Vater, Anleitung zur Beschreibung von Versuchen zur Düngung von Freikulturen, das. 1904, 81. — Ders., Die Tharandter Forstdüngungsversuche, das. 1910, 111. — Schwappach, Versuche über Forstdüngung und Bodenpflege. Ztschr. f. Forst- und Jagdw. 1907, 141. — Hornberger, Einige Bemerkungen uber Dungung im Walde, das. 1908, 230. — Düngungs-Versuche im Walde. Forstwiss. Zbl. 1902, 284. — Schwappach, Die Düngung im forstl. Großbetriebe. Deutsche Forst-Ztg. 1910, 925.

2) P. E. Müller u. Weis, Ueber d. Einwirkung des Kalkes auf Buchenrohhumus. Naturw. Ztschr. f. Land- u. Forstw. 1907, 52 flgde. — Helbig, Kalkdüngung in Buchensamenschlägen, Forstwiss. Zbl. 1902, 120.

3) Koch, Düngung durch lebende Papilionaceen. A. F.- u. J.-Z. 1902, 11. — Engler u. Glutz, Gründüngungsversuche in Pflanzschulen, Mittlgn. d. schweiz. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchsw. VII. Bd. 319. — Reuß, Die Besenpfrieme als Amme der Fichte. Weißkirchn. forstl. Blätter, 1903. — Matthes, Mittlgn. über Bau und Leben der Fichtenwurzeln und Untersuchung über die Beeinflussung des Wurzelwachstums durch wirtschaftliche Einwirkungen. A. F.- u. J.-Z. 1911, 1.

der Zwischenbau mit blauer Dauerlupine zu empfehlen. Außerdem kommt der Mit- und Zwischenbau der stickstoffsammelnden Holzpflanzen, der Robinie auf Sandboden, der Weißerle auf kalkhaltigem Boden, vielleicht auch der Besenpfrieme in Betracht, um auf geringen Böden die Bestandesbegründung zu erleichtern. Daß auch durch Zwischenbau von andern, durch reiche Streuproduktion sich auszeichnenden Holzarten im Pflanzenabfall dem Boden Stoffe zugeführt werden können, die in physikalischer wie chemischer Hinsicht wertvoll sind, ist eine von der forstlichen Praxis längst benutzte Tatsache (Treibholz). Auf Kiefernböden scheinen sich Berg- und Pechkiefer in dieser Richtung zu bewähren. Zweifellos liegen derartige Hilfsmittel zur Besserung des Nährgehaltes des Bodens der Forstwirtschaft auch nahe, da die düngende Wirkung der Streu durch künstliche Düngung nur schwer ersetzt werden kann. Geringe Böden, auf denen ohne künstliche Düngung aber nichts wächst, machen freilich bei der ersten Inbestandbringung die Zuhilfenahme organischer oder Mineral-Dünger erforderlich.

Leider hat sich bei den Forstdüngungen, namentlich bei denen mit künstlichen Düngemitteln jedoch bis jetzt gezeigt, daß man im allgemeinen keine den Kosten der Düngung nur einigermaßen entsprechende Mehrleistung der gedüngten Kulturen und Bestände erzielt. Es wäre aber falsch, mit diesem bisherigen Ergebnis über die Forstdüngungen den Stab brechen zu wollen. Einmal bedarf es, um in der Forstdüngungsfrage zu einem abschließenden Urteil zu gelangen, längerer Erfahrung, als zur Zeit zur Verfügung steht und weiterhin scheint es nicht richtig, die durch die Düngung gebotene Möglichkeit, arme ertragslose Böden einer wenn auch zunächst nur bescheidenen Ertragsfähigkeit zuzuführen, lediglich nach der Rentabilität zu beurteilen.

VII.

Forstschutz.

Von

Hermann Fürst.

Mit zwei farbigen Tafeln.

Heß, Der Forstschutz 3. Aufl. 1898. Nördlinger, Lehrbuch des Forstschutzes 1884. Grebe, Waldschutz und Waldpflege 1875 3. Aufl. von König's Waldpflege. Fürst (Kauschinger), Lehre vom Waldschutz 7. Aufl. 1912. Guse, Aus dem Forstschutz 1876.

Einleitung.

§ 1. Begriff. Die Lehre vom Forstschutz soll uns in den Stand setzen, die mannigfachen Gefahren, welche dem Walde drohen, möglichst erfolgreich von diesem abzuwenden, insoweit die Mittel dazu in der Hand des Waldeigentümers selbst liegen. Nicht selten aber reichen diese Mittel nicht aus, der Staat muß im Interesse der öffentlichen Sicherheit und Wohlfahrt eingreifen und den Waldbesitzer in seinen Bestrebungen unterstützen; die desfallsigen Maßregeln gehören jedoch nicht in das Gebiet des Forstschutzes, sondern in jenes der Forstpolizei und Forstgesetzgebung, und liegen daher außerhalb des Rahmens unserer gegenwärtigen Aufgabe.

Um aber alle Gefahren von unserem Walde möglichst abzuwenden, müssen wir zunächst diese Gefahren selbst, die Ursachen ihrer Entstehung, die Art und Weise ihres Auftretens kennen, wir müssen wissen, ihnen möglichst vorzubeugen, endlich bei trotzdem eingetretenen Beschädigungen verstehen, diese tunlichst zu beschränken und ihre nachteiligen Folgen für den Wald wie für die Kasse des Waldbesitzers nach Kräften abzumindern.

§ 2. Begrenzung. Keine unserer forstlichen Disziplinen ist wohl schwerer zu begrenzen, als die Lehre vom Forstschutz. Außerordentlich mannigfaltig sind die Gefahren, die dem Walde von Seite der belebten wie der unbelebten Natur drohen; wir bedürfen der gesamten Naturkunde, der Zoologie und Botanik, der Klimatologie und Bodenkunde, um die nötige Kenntnis dieser Gefahren und dadurch die Möglichkeit der Abwehr zu erlangen. Die Mittel der Abwehr und insbesondere jene der Vorbeugung liegen aber auch zum nicht geringen Teil auf dem Gebiete der Lehre vom Waldbau, von der Forstbenutzung und Forsteinrichtung — und dies Verhältnis hat sogar dazu geführt, daß man der Lehre vom Forstschutz das Recht, als eigene Disziplin aufzutreten, bestritt, ihre Lehren teilweise der Forst-Zoologie

und Botanik, teilweise den oben genannten forstlichen Disziplinen zuweisen wollte. Wir glauben: mit Unrecht, glauben, daß eine vollständige und übersichtliche Zusammenfassung der Lehre vom Forstschutz unbedingt nötig und deren Unterbringung in den andern forstlichen Fächern in auch nur einigermaßen vollständiger Weise ohne Zwang nicht möglich sei, und möchten daher das Recht des Forstschutzes, als eigene Disziplin aufzutreten, entschieden wahren [1]).

Die oben berührte Schwierigkeit der sachgemäßen Begrenzung unserer Disziplin tritt aber auch zu Tage, wenn wir deren Hand- und Lehrbücher vergleichen. In dem einen finden wir der Botanik, im andern der Zoologie eine verhältnismäßig weite Ausdehnung gegeben; die älteren Werke ziehen das Gebiet der Forstbenutzung herein oder lassen insbesondere die scharfe Trennung von Forstschutz und Forstpolizei vermissen. Auch die Frage, in wieweit die Lehre von den Servituten und deren Nachteilen für den Wald in das Gebiet des ersteren gehöre, hat verschiedene Beantwortung gefunden. — Unsere Aufgabe wird hier sein, das Gebiet des Forstschutzes möglichst scharf zu umgrenzen und aus allen den obengenannten Disziplinen nur das unumgänglich Nötige beizuziehen.

§ 3. Einleitung. Die Gliederung unserer Disziplin erfolgt naturgemäß nach den Ursachen der Gefahren und Beschädigungen, die unsern Waldungen drohen, und es erscheinen als solche Ursachen:

I. Menschliche Handlungen, als Eingriffe in das Eigentum des Waldbesitzers, als fahrlässige oder absichtliche Beschädigungen des Waldes und seiner Produkte.

II. Einwirkungen der organischen Natur, als hemmende, beschädigende oder zerstörende Tätigkeit
   1. der Tierwelt,
   2. der Pflanzenwelt.

III. Beschädigungen durch Erscheinungen der anorganischen Natur; solche Erscheinungen sind:
   1. Niedere oder hohe Temperatur: Frost und Hitze.
   2. Atmosphärische Niederschläge: Regen, Schnee, Duft, Eis, Hagel.
   3. Blitzschlag.
   4. Heftige Luftströmungen: Winde und Stürme.
   5. Ungünstige Bodenbeschaffenheit: Nässe, Flugsand.

IV. Krankheiten der Holzgewächse.

I. Gefährdungen durch menschliche Handlungen.

1. Nähere Bezeichnung.

§ 4. Ein Blick auf die zahlreichen devastierten oder doch in ihrem Ertragsvermögen weit heruntergebrachten Waldungen in unserem engeren Vaterland wie in noch viel höherem Grad in der Mehrzahl unserer Nachbarländer sagt uns, daß der Mensch zu den gefährlichsten Feinden des Waldes gehöre. Habgier und Unverstand der Waldbesitzer selbst, Ein- und Uebergriffe der Forstberechtigten sind im Verein mit Entwendungen und Beschädigungen seitens fremder Personen vorwiegend die Ursachen jener traurigen Waldzustände.

Gegen die nachteiligen Eingriffe des eigenen Besitzers vermag der Forstschutz nicht zu helfen, und nur Belehrung und die allmählich steigende Einsicht einerseits, wie eine energisch gehandhabte Forstpolizei anderseits — insoferne dieser

1) Vergl. A. F.- u. J.-Z. 1884. S. 305.

eine entsprechende Forstgesetzgebung zur Seite steht — vermögen hier einigermaßen Besserung zu schaffen. Nur gegen fremde Eingriffe lehrt uns der Forstschutz unsere Waldungen schützen, gegen Gefährdungen, die sich entweder auf die eigentliche Substanz des Waldes, dessen Grenzen, oder auf dessen verschiedenartige Produkte beziehen. Auch die Gefahr des Waldbrandes wird wohl zweckmäßiger hier als bei Abschnitt III eingereiht, da es fast stets die fahrlässige oder frevelhafte Hand des Menschen und nur sehr selten die Natur (durch Blitzschlag) ist, die diese Gefahr hervorruft. — Als eine neue hierher zu rechnende Schädigung der Waldungen ist seit einigen Jahrzehnten in mit dem Wachstum der Industrie stets steigendem Maße jene durch den industriellen Werken entweichende Gase aufgetreten; man bezeichnet sie als Rauchschäden.

2. Sicherung der Waldgrenzen.

§ 5. Grenzzeichen. Von dem Augenblick an, da Grund und Boden aus dem gemeinsamen Besitz in Sondereigentum überging, war eine Bezeichnung der Grenzen zur Sicherung des letzteren geboten, und es dienten hiezu in erster Linie die sog. natürlichen Grenzzeichen: Wasserläufe, Bergrücken und Talsohlen, Wege, Felsen, Bäume; die beiden letztgenannten wurden hierbei meist durch eingehauene Zeichen besonders kenntlich gemacht. Nicht immer aber reichten diese natürlichen Grenzzeichen aus, zumal mit fortschreitender Parzellierung des Grundbesitzes, mit seinem steigenden Wert, der eine genaue und sichere Bezeichnung der Grenzen notwendig machte; man griff daher zu künstlichen Grenzzeichen: Steinhaufen, Hügeln, Winkelgräben, Pfählen und eingesetzten Steinen, bisweilen selbst zur Bezeichnung ganzer Grenzlinien durch Gräben, Hecken, Aufhiebe. Gegenwärtig finden wir etwa mit Ausnahme des Hochgebirges, in welchem die natürlichen Grenzzeichen noch eine Rolle spielen, als Grenzzeichen fast allenthalben die Grenzsteine als dauerhaftestes und sicherstes Material in Anwendung.

Diese Grenzsteine werden bisweilen in rauher, besser aber in behauener Gestalt, durch welche jeder Irrtum ausgeschlossen ist, aus möglichst dauerhaftem Material (Basalt, Dolomit, Granit, harte Sandsteine) hergestellt und meist mit bestimmten, den Waldeigentümer kennzeichnenden Buchstaben, sowie um jede Waldparzelle fortlaufenden Nummern bezeichnet — es gilt dies wenigstens für Staats- und Gemeindewaldungen als Regel —, nicht selten auch auf dem Kopf mit Visierlinien, welche nach den Nachbarsteinen weisen, versehen.

§ 6. Herstellung der Vermarkung. Unter Vermarkung versteht man die Bezeichnung einer Grenze mit festen Grenzzeichen, und gilt eine solche in allen Kulturstaaten als Regel. Das bürgerliche Gesetzbuch für das Deutsche Reich bestimmt (§ 919) ausdrücklich, daß der Eigentümer eines Grundstückes von dem Angrenzer die Mitwirkung zur Errichtung fester Grenzzeichen in landesgesetzlicher oder ortsüblicher Weise, sowie zur Wiederherstellung schadhaft gewordener Grenzzeichen fordern kann, wobei die Kosten zu gleichen Teilen zu tragen sind. — Der Vermarkung hat stets die Regulierung etwa strittiger Grenzen in gütlichem Einvernehmen oder auf dem Rechtsweg vorauszugehen.

Bei der Vermarkung wird nun in erster Linie jeder Winkelpunkt mit einem Grenzzeichen bezw. Grenzstein versehen; ist die Entfernung von einem Grenzstein zum andern eine sehr große, so werden je nach Bedürfnis ein oder einige Zwischensteine, sog. Laufer, auf die Grenzlinie in der Weise gesetzt, daß man stets bequem von einem Grenzstein zum andern sehen kann. — Das Setzen der Grenzsteine erfolgte

früher in einfacher Weise gemeinsam durch die beiden Angrenzer, pflegt aber seit längerer Zeit gesetzlich allenthalben durch die s. g. Feldgeschworenen oder Siebener stattzufinden, die in jeder Gemeinde aus der Zahl der unbescholtenen Männer (meist in der Siebenzahl) gewählt werden. Dieselben nehmen in Gegenwart der vorgeladenen Angrenzer das Einsetzen der Grenzsteine vor, wobei jedoch kein Zweifel über die Richtigkeit des Grenzpunktes bestehen darf; bestehen solche Zweifel oder handelt es sich (bei Grundabtretung, Teilung etc.) um Feststellung neuer Grenzpunkte, so hat stets die Bezeichnung der Grenzpunkte durch den verpflichteten Geometer vorauszugehen. Nur hiedurch ist es auch möglich, eine richtige Landesvermessung aufrecht und die Katasterpläne auf dem Stand der Gegenwart zu erhalten.

Um über den Standort eines irgendwie zu Verlust gehenden Steines möglichst sicheren Anhalt zu geben, legen die Feldgeschworenen vielenorts unter die zu setzenden Steine Unterlagen von unverweslichen Materialien, wie gebrannte Steine oder Zeichen, Porzellan- oder Glasscherben, Kohlenstücke; diese geben insbesondere auch in jenen Fällen, in welchen zur Vermarkung keine regelmäßig behauenen Steine verwendet werden, darüber Aufschluß, ob man es mit einem Grenzstein oder einem beliebigen andern Stein zu tun hat. Diese Zeichen werden bisweilen in bestimmter, nur den vereidigten Feldgeschworenen bekannter Weise gelegt und von diesen als Geheimnis behandelt.

§ 7. Unterhaltung der Vermarkung. Angesichts der Wichtigkeit, welche die genaue und dauernde Feststellung einer Waldgrenze hat, wie der Kosten, welche die Herstellung einer Vermarkung für einen größern Waldkomplex verursacht, ist es Aufgabe der einschlägigen Beamten, für eine entsprechende Instandhaltung der Grenzzeichen Sorge zu tragen. Diese letztern sind in mannigfacher Weise bedroht: sie werden an Wegen nicht selten umgefahren und zerbrochen, sind an Gräben, Gehängen, in weichem Boden dem Umsinken oder Abrutschen ausgesetzt, weichere Steine werden durch Verwitterung und Zerfrieren zerstört, und nur eine stete Aufsicht vermag die Grenzen in stets gutem Stand zu erhalten.

Eine solche ist daher auch Pflicht der Forstbeamten, und es erscheint deshalb nötig, daß das Forstschutzpersonal alljährlich, der einschlägige Verwaltungsbeamte wenigstens in nicht zu langen Zwischenräumen die Grenze von Stein zu Stein begehe, das Vorhandensein jeden Steines und dessen normalen Zustand konstatiere und allenfallsige Gebrechen notiere; die Hebung letzterer erfolgt sodann auf Anrufen durch die Feldgeschworenen unter Beiziehung der Angrenzer.

Das Geschäft des Grenzbeganges wird erklärlicherweise in hohem Grad erleichtert, allen Irrungen bei Holzfällungen, Streunutzung usw. in sicherster Weise vorgebeugt, wenn die Grenzlinien offen gehalten, von Holzwuchs, Gestrüpp, überhängenden Aesten stets gereinigt werden; nur hiedurch ist die Möglichkeit, von einem Stein zum andern zu sehen, die Grenze sofort mit Bestimmtheit zu erkennen, gegeben, während verwachsene Grenzlinien zu den mannigfachsten Irrungen und Streitigkeiten Veranlassung geben können. Man pflegt daher die Grenzlinien im Benehmen mit den Angrenzern auf mäßige Breite, etwa meterbreit, durchzufluchten und diese Grenzlinien stets von allem Holz- und Unkrautwuchs tunlichst rein zu halten.

Der Gefahr einer Beschädigung sind am meisten jene Grenzsteine ausgesetzt, welche unmittelbar an den häufig längs der Grenzen verlaufenden Wegen stehend durch Anfahren mit Fuhrwerken bedroht sind. Man sucht diese Steine dadurch zu schützen, daß man sie tief in den Boden setzt oder ihnen durch Abweissteine, eingeschlagene Pfähle u. dgl. den nötigen Schutz gibt; ist der Weg etwa gemeinsames

Eigentum der beiden Besitzer, so setzt man die Grenzsteine meist abwechselnd rechts und links des Weges.

Besondere Aufmerksamkeit bedarf die Waldgrenze auch dort, wo sie längs des Feldes verläuft, indem hier Uebergriffe durch Ueberackern, Ablagern zusammengelesener Steine aus den Feldern u. dgl. nicht selten zu sein pflegen. Den sichersten Schutz gewährt in solchen Fällen ein Grenzgraben von entsprechenden Dimensionen.

Das oben bereits erwähnte, mit dem 1. Januar 1900 in Kraft getretene Bürgerliche Gesetzbuch für das Deutsche Reich trifft in den §§ 903 u. ff. eine Reihe bezüglich der Grenzen und des s. g. Nachbarrechtes wichtiger Bestimmungen. Es setzt fest, daß das Recht des Grundeigentümers sich auch auf den Raum über und auf den Erdkörper unter der Oberfläche erstrecke; demgemäß hat ersterer das Recht, über die Grenze in sein Grundstück gewachsene Wurzeln abzuschneiden und zu behalten, ebenso herüberhängende Zweige, wenn deren Beseitigung durch den Besitzer des Nachbargrundstückes nicht innerhalb angemessener Frist erfolgt — vorausgesetzt, daß Wurzeln und Zweige die Benutzung des Grundstückes beeinträchtigen. Auf ein Nachbargrundstück fallende Früchte eines Baumes gelten als Früchte dieses Grundstückes, ein auf der Grenze stehender Baum gehört den Nachbarn zu gleichen Teilen.

3. Schutz der Waldprodukte.

§ 8. Forstfrevel durch Entwendung. Kein Vergehen gegen das Eigentum pflegt bekanntlich häufiger zu sein, als die Entwendung von Forstprodukten, und die Statistik weist in manchen Gegenden hierüber geradezu erschreckende Zahlen auf. Die Gründe dieser Erscheinung sind mannigfache: sie sind zu suchen zunächst in der verhältnismäßig schwierigen Beschützung der Waldprodukte, insbesondere bei großen Aufsichtsbezirken, parzellierter Lage der Waldungen, dem Vorhandensein bevölkerter oder armer Ortschaften in der Nähe und selbst inmitten der Waldungen. Im Weiteren sind viele Produkte des Waldes dem Menschen teils für sich, teils für seine Haustiere geradezu unentbehrlich: so das Holz zumal im strengen Winter, das Gras und die Streu in Jahren des Futter- und Strohmangels, — und werden nach dem alten Sprüchwort, daß Not kein Gebot kenne, trotz guter Aufsicht aus dem Walde entwendet; oder es dienen diese Produkte Industriezweigen (Anfertigung von Rechen, Besen, Körben u. dgl. m.), die von der ärmeren Bevölkerung betrieben werden, welch' letztere sich auf möglichst billige Weise, d. h. also im Weg des Diebstahls, in den Besitz des Rohmaterials zu setzen sucht.

Nicht wenig trägt aber die aus früheren Zeiten stammende und im Volk noch sehr allgemein verbreitete, durch die Gesetzgebung selbst der neuesten Zeit unterstützte Anschauung von der geringen Verwerflichkeit und Strafbarkeit der Entwendung von Forstprodukten zur Vermehrung der Zahl der letztern bei. Schon die an den meisten Orten übliche Bezeichnung „Forstfrevel" an Stelle des korrekteren Wortes „Forstdiebstahl", ferner die Behandlung dieser Gesetzesverletzung als einer Uebertretung und nicht als eines Vergehens gleich jedem andern Diebstahl, die Bestrafung mit Geld, subsidiär mit Haft an Stelle der schimpflicheren Gefängnisstrafe — alle diese Momente zusammen sind sicher mit daran Schuld, wenn wir die Zahl der Forstfrevel vielfach eine so hohe werden sehen. Als deutlichster Beweis dafür, welchen Einfluß die Art der Bestrafung hier ausübt, dient die Wahrnehmung, daß die als Diebstahl bestrafte Entwendung bereits aufgearbeiteten Holzes verhältnismäßig selten vorzukommen pflegt!

Erfreulicherweise zeigt jedoch die Statistik fast aller Länder eine ganz wesentliche Abnahme der Zahl der Forstfrevel, die mit der besseren Lebenshaltung der ärmeren Volksschichten in engem Zusammenhang steht.

Die Nachteile, welche dem Wald durch Entwendungen zugehen, sind teils geringer, teils schwererer Art. Manche Entwendungen, wie Dürrholz, Gras von Oedungen, Streu aus Gräben und Wegen, schädigen den W a l d direkt gar nicht, sondern nur etwa die Kasse des Waldbesitzers, während durch Grünholzfrevel der Schluß unterbrochen werden kann, Astholzfrevel die Bäume schädigen, Grasfrevel die Kulturen gefährden, wiederholte Streuentwendungen zur Vermagerung des Bodens führen. In der Nähe von Ortschaften werden durch die genannten Frevel bisweilen ganze Bestände geradezu devastiert.

§ 9. Forstfrevel durch Beschädigung. Unverstand und Unvorsichtigkeit, Gewinnsucht, Mutwillen, Bosheit sind die Motive, aus denen Beschädigungen der Waldungen hervorgehen.

Durch Unvorsichtigkeit und Ungeschicklichkeit ergeben sich insbesondere Beschädigungen des stehenden älteren Holzes und des jungen Nachwuchses in natürlichen Verjüngungen wie anstoßenden Beständen bei der Fällung, Aufarbeitung und Abfuhr des Holzes, nicht selten also durch unsere eigenen Arbeiter.

Beschädigungen aus Gewinnsucht stehen in engem Zusammenhang mit Entwendungen, wobei nicht selten der Schaden den Wert des entwendeten Objektes übersteigt. Hierher würde beispielsweise zu rechnen sein: das Anreißen von Nadelholzstämmen zum Zweck späterer Harzgewinnung, das Ausscharren alter Harzrisse, das Kienholzhauen, Zapfenbrechen u. s. f. Auch die oft so maßlos und devastierend im Weg des Frevels geübte Waldweide wäre hierher zu zählen, da der von dem Vieh durch Verbeißen der Holzpflanzen verursachte Schaden den Wert des verzehrten Grases weit übersteigt.

Nicht selten sind leider auch jene Beschädigungen, welche aus Mutwillen oder Bosheit und Rachsucht dem Walde zugefügt werden: das Abbrechen oder Entrinden junger Stämme seitens mutwilliger Bursche, die absichtliche Brandstiftung seitens bestrafter Holz- und Wildfrevler mögen hier genannt sein.

§ 10. Verhütung von Forstfreveln. Das Hauptmittel, um Forstfreveln jeder Art vorzubeugen, ist ein energisch gehandhabter Forstschutz, die Aufstellung eines ausreichenden und eifrigen Schutzpersonales, das seitens der Verwaltungs- und Inspektionsbeamten genügend überwacht sein muß. Allerdings muß dessen Tätigkeit auch durch ein hinreichend strenges Forstgesetz unterstützt werden, da zu milde Strafen nicht die nötige abschreckende Wirkung üben; der Erlaß eines solchen liegt jedoch nicht in der Hand der Waldbesitzer und Forstbehörden, sondern in jener der Gesetzgebungsfaktoren eines Landes.

Durch zweckmäßige Dienstesinstruktionen muß die Tätigkeit des Schutzpersonales geregelt sein, eine gute Holzhauerinstruktion in Verbindung mit entsprechender Ueberwachung der Holzhauer wird den oben erwähnten Beschädigungen bei Fällung und Aufarbeitung des Holzes tunlichst vorbeugen. — Aber auch den Freveln durch Entwendung wird der g r ö ß e r e Waldbesitzer einigermaßen vorbeugen können: durch Rücksichtnahme auf die Bedürfnisse der ärmeren Anwohner des Waldes, der kleinen Landwirte und Gewerbetreibenden, und tunlichste Befriedigung dieser Bedürfnisse — so durch Gestattung der Leseholznutzung, Abgabe von Waldgras und Streu in Notjahren, von Streusurrogaten jeder Art, von Besenreis, Rechenstielen und dergl. um billige Taxe.

4. Schutz gegen Waldbrände.

§ 11. Entstehung. In den weitaus meisten Fällen ist es direkt oder indirekt der Mensch, durch welchen Waldbrände entstehen, und hiedurch rechtfertigt sich wohl auch ihre Besprechung in diesem Abschnitt; nur ausnahmsweise ist es der Blitz, der alte trockenfaule Stämme entzündet, die Zahl der Fälle, in welchen dies konstatiert wurde, ist jedoch eine geringe.

Die überwiegende Mehrzahl von Waldbränden entsteht durch Unvorsichtigkeit und Fahrlässigkeit, nicht selten unserer eigenen Waldarbeiter: so durch Anzünden von Feuer an gefährdeten Stellen, Unterlassen entsprechenden Auslöschens beim Verlassen; Mangel an Vorsicht bei dem Brennen von Rasenasche, dem Verbrennen von Rinde und Reisig behufs Vertilgung schädlicher Insekten, dem Ueberlandbrennen im Hackwald u. dgl. Im weiteren entstehen nicht selten Waldbrände durch weggeworfene glimmende Zündhölzchen und Zigarrenstummel, glühende Pfeifenasche u. ä., wie dies namentlich das häufigere Vorkommen von Waldbränden in der Nähe größerer Städte, betretener Wege, an Sonn- und Feiertagen beweist.

Als eine nicht seltene Ursache von Waldbränden erscheinen in den von Eisenbahnen durchschnittenen Waldungen, insbesondere den trockenen Kiefernheiden, die ausfliegenden Lokomotivfunken (oder richtiger: glühende Kohlenstückchen). Endlich aber sind Mutwillen und Bosheit leider auch in gar manchen Fällen die Entstehungsgründe [1]).

§ 12. Art des Auftretens. Man unterscheidet nach der Art des Auftretens Boden- oder Lauffeuer, Gipfel- oder Kronenfeuer, Stammfeuer und Erdfeuer.

Am häufigsten tritt das Feuer auf in Gestalt des Boden- oder Lauffeuers, entstehend durch die Entzündung des trockenen Bodenüberzuges, namentlich dürren Grases, trockener Heide, weniger des Mooses oder Laubes, welch' letzteres dicht geschichtet liegend nur schwer weiter brennt. Es sind demgemäß vor allem die jungen noch nicht geschlossenen Schläge, in denen das Lauffeuer zu fürchten ist, dann ältere lichter stehende Bestände mit trockenem Bodenüberzug.

Schließen sich an den brennenden Schlag Dickungen namentlich der leicht brennbaren Föhre, so ergreift das fortschreitende Feuer die Aeste und Wipfel zuerst der jüngeren, dann wohl auch der älteren Bestände und aus dem Bodenfeuer wird das verheerende Gipfel- oder Kronenfeuer.

Stammfeuer, die Entzündung eines einzelnen Stammes, kommt nur an alten, schadhaften, trockenfaulen Stämmen vor — als Folge des Blitzschlages, oder verursacht durch Ausräuchern eines Marders oder wilden Bienenstockes, durch mutwilliges Anschüren von Feuer im hohlen Stamm, und tritt natürlich nur selten auf; noch seltener wohl das Erdfeuer, die Entzündung torfigen Bodens bei großer Trocknis durch irgend welche Unvorsichtigkeit [2]).

1) Eine Statistik für die bayr. Staatswaldungen für die Jahre 1882—1899 inkl. weist 1755 Waldbrände nach, von welchen entstanden sind

	nachweislich	mutmaßlich
durch Blitzschlag	7	7
„ Lokomotivfunken	73	34
„ Fahrlässigkeit	165	1105
„ Brandstiftung	39	260

jeder Anhalt fehlend bei 65 Fällen.

2) Die oben erwähnte Statistik für die bayr. Staatswaldungen weist unter 1755 Fällen nach

Bodenfeuer	1377 mal
„ in Verbindung mit Gipfelfeuer .	250 „
„ „ „ Stammfeuer	69 „
Reines Stammfeuer	33 „
Erdfeuer	26 „

§ 13. Zeit und Ort des Auftretens. Die meisten Waldbrände entstehen nicht, wie man wohl anzunehmen geneigt ist, im heißen Sommer, sondern viel häufiger im trockenen Frühjahr in den Monaten März, April, Mai. Die große Zahl der zu jener Zeit im Wald beschäftigten Menschen — Holzarbeiter, Fuhrleute, Kulturarbeiter —, der vorhandene trockene Bodenüberzug von abgestorbenen Gräsern und Unkräutern, zwischen denen noch die schützende grüne Bodendecke nicht hervorgewachsen ist, erklärt wohl diese Tatsache zur Genüge [1].

Was die Oertlichkeiten betrifft, in denen Waldbrände besonders zu fürchten sind, so sind es vor allem die Schläge mit trockenem Bodenüberzug, in denen das Lauffeuer reichlich Nahrung findet, geringe Standorte mit ihrer leichter brennbaren Bodendecke von Angergräsern und Heide, ihrer überhaupt in höherem Grad als das Laubholz gefährdeten Nadelholzbestockung. Die Föhrenwaldungen auf armem Sandboden stehen bezüglich ihrer Gefährdung obenan und nirgends treten Waldbrände in Deutschland häufiger und in größerer Ausdehnung auf, als in den ausgedehnten Kiefernheiden Norddeutschlands.

§ 14. Folgen der Waldbrände. Als unmittelbare Folge eines Waldbrandes erscheint die Zerstörung der betroffenen Bestände. Die Pflanzen, welche in den Schlägen vom Bodenüberzug umgeben standen, verbrennen entweder direkt (Nadelhölzer) oder sterben infolge der erlittenen Beschädigungen unfehlbar ab; ebenso jene Nadelholzbestände, in welchen ein Gipfelfeuer gewütet hat, das die Benadelung und die schwächern Aeste verzehrt, die Stämme aber natürlich zurückläßt. — In älteren Beständen dagegen und bei Holzarten mit dickborkiger Rinde (Föhre) bleiben Lauffeuer namentlich bei nur schwächerem Bodenüberzug nicht selten ohne nachteilige Folgen, in andern Fällen dagegen kränkelt der betroffene Bestand und muß zum Hieb gezogen werden.

Zu dem direkten Verlust gesellen sich insbesondere bei größeren Brandflächen — und solche haben sich in einzelnen Fällen schon über Hunderte von Hektaren erstreckt [2] —, deren sofortige Aufforstung nicht bewerkstelligt werden kann, noch eine Reihe anderweiter Nachteile: Verwilderung des Bodens durch in Menge auftretende Forstunkräuter, Vermagerung des etwa an sich geringen Bodens infolge der Freilegung, Entstehen von Sandschollen auf zum Flüchtigwerden geneigtem Standort. Auch schädliche Forstinsekten stellen sich ein: Wurzelbrüter in den absterbenden Wurzeln und Stöcken, Borkenkäfer in dem kränkelnden Stammholz, und bedrohen, sich massenhaft verbreitend, die Nachbarbestände.

§ 15. Vorbeugungs-Maßregeln. Von ganz besonderer Wichtigkeit sind jene Maßregeln, welche dem Entstehen von Waldbränden wie deren größerer Ausdehnung vorbeugen; als solche erscheinen [3]):

Beobachtung der nötigen Vorsicht bei Vornahme aller mit dem Anzünden von Feuer im Wald verbundenen Arbeiten, wie solche in § 11 näher bezeichnet wurden; Erlaß strenger Vorschriften über das Anzünden von Feuer im Walde überhaupt, wie durch die eigenen Arbeiter; Verbot des Rauchens im Wald zu gefährlicher Jahreszeit; Entfernen brennbarer Bodenüberzüge in besonders gefährdeten Oertlichkeiten, an viel betretenen Wegen, namentlich in der Nähe größerer Städte. Belassen breiter Schutzstreifen bei großen zusammenhängenden Aufforstungen, insbesondere

---

1) Von den 1755 Brandfällen treffen
1156 auf die Monate März, April, Mai
468 „ „ „ Juni, Juli, August
131 „ „ „ September bis Februar.

2) Vergl. die Waldbrandchronik in Heß, Forstschutz (3. Aufl.) Bd. 2, S. 520.

3) Vergl. Kienitz, Maßregeln gegen Waldbrände, Forsstw. Z.-Bl. 1903, S. 399.

im Heidegebiet; Errichtung von Wachttürmen in großem gefährdetem (Kiefern-) Gebiet, ev. mit Signalvorrichtung (System Seitz), Deponierung von Löschgeräten in Forsthäusern; erhöhter Schutzdienst zu gefährlicher Zeit, bei großer Trockne, an Sonn- und Feiertagen.

Besondere Vorsichtsmaßregeln sind längs der Bahnlinien namentlich dort nötig, wo sie die trocknen Kiefernwaldungen der Ebene durchschneiden. Eine dauernde Freihaltung der s. g. Bahnlichtungen von Holz ist nach Kienitz's Beobachtungen in keiner Weise nötig, denn nie entzünden die glühenden Kohlenstückchen einen Baum, sondern stets nur den Bodenüberzug. Von brennbarem Ueberzug sind daher die 12—15 m breiten Streifen längs der Bahn frei zu halten, durch meterbreite Wundstreifen zu isolieren, die Bestockung auf denselben von den untern Aesten zu befreien; eine Bestockung verhindert den weiteren Flug der Funken, die unschädlich in den Schutzstreifen niederfallen.

Aufgabe der Forstpolizei wird es sein, durch die nötigen gesetzlichen Vorschriften über das Anmachen von Feuer im Wald überhaupt, den Gebrauch von Fackeln, das Rauchen im Walde, die Reinhaltung von Eisenbahnlichtungen usw. die Bemühungen des Waldbesitzers zu unterstützen.

In jenen Oertlichkeiten, in welchen die Gefahr der Waldbrände eine besonders große ist — also besonders in ausgedehnten Föhrenbeständen mit trocknem Standort — sucht man durch die Anlage von Brandschneißen oder Feuerbahnen, dann von Sicherheitsstreifen oder Feuermänteln wenigstens die Ausdehnung des Feuers zu beschränken, die Bekämpfung zu erleichtern. Durch ein entsprechendes Netz sich rechtwinklig kreuzender Schneißen wird der Wald in mäßig große Abteilungen zerlegt, man gibt diesen zugleich als Wege dienenden Schneißen keine zu geringe Breite und hält sie stets rein von Unkraut; die senkrecht zur herrschenden Windrichtung verlaufenden Schneißen aber werden mit einem 5—10 m breiten Streifen Laubholzes bepflanzt, das als Schutz gegen Boden- wie Gipfelfeuer gute Dienste zu leisten vermag, und bezeichnet man diese Laubholzstreifen als „Feuermäntel".

§ 16. Löschung von Waldbränden. Ein erst im Entstehen begriffener Waldbrand kann oft von einem oder einigen Menschen gelöscht werden, während derselbe, zu größerer Ausdehnung gelangt, nicht selten jeder Anstrengung spottet [1]). Rasches und energisches Eingreifen ist deshalb von größter Bedeutung, die Herbeischaffung der nötigen Arbeitskräfte, ihre sachgemäße Verwendung und Leitung die Aufgabe des einschlägigen Forstpersonales.

Bodenfeuer wird am zweckmäßigsten durch Ausschlagen, oder besser gesagt durch Ausfegen oder Ausdrücken mit belaubten Zweigen gedämpft, und in vielen Fällen reicht man damit aus; man rückt dem Feuer von den Seiten her zu Leibe, da Hitze und Rauch den Angriff von der Stirne oft unmöglich machen, und engt es hiedurch mehr und mehr ein bis zum völligen Erlöschen. Das Abräumen des Bodenüberzuges ist meist zu zeitraubend, bei schon größerer Ausdehnung des Feuers, stärkerem Luftzug und dadurch erschwertem Löschen aber in der Weise anwendbar, daß man in der Windrichtung in hinreichender Entfernung von der Brandstätte einen genügend breiten Streifen möglichst von allem brennbaren Material reinigt, damit das Feuer hier aus Mangel an Nahrung erlischt; die Benutzung von Schneißen und alten Wegen erleichtert diese Arbeit wesentlich, und es erweisen sich auch hier die stets rein gehaltenen Brandschneißen als sehr förderlich.

1) In der bekannten Tuchler Heide brannte im Jahr 1863 binnen 3 Tagen eine Fläche von 1276 ha ab, in der Gegend von Aachen im Jahr 1900 eine solche von 900 ha. Einer der gewaltigsten Waldbrände war wohl jener im Jahre 1905 auf der Herrschaft Primkenau in Preußen, der sich über nahezu 5000 ha erstreckte!

Schwieriger ist die Bekämpfung eines Waldbrandes, wenn aus dem Bodenfeuer bereits Gipfelfeuer geworden, und nicht selten macht dann das entfesselte Element, durch stärkeren Wind unterstützt, jede menschliche Anstrengung vergeblich, erst dann erlöschend, wenn ihm ein breiter Kahlschlag oder die erreichte Waldgrenze Halt gebieten. Unterbrechung des Schlusses ist hier das einzige Hilfsmittel; man sucht diese durch rasches Breiterhauen vorhandener Wege und Schneißen, unter Benutzung etwaiger Brandschneißen und Feuermäntel, zu erreichen und beginnt auch hier, wie bei dem oben erwähnten Reinigen von Bodenstreifen, in genügender Entfernung von der Brandstelle, um nicht während der Arbeit vom Feuer überrascht zu werden.

Als ein zwar etwas bedenkliches und darum nur bei großer Gefahr anzuwendendes Mittel, das aber in manchen Fällen gute Dienste geleistet, dient bei Bodenfeuer wie bei Gipfelfeuer das sog. Gegenfeuer: das Anzünden des brennenden Schlages, der brennenden Dickung an der dem heranziehenden Feuer entgegengesetzten Seite, damit das letztere, einen bereits abgebrannten Streifen vorfindend, hier erlösche. Es erfordert die Anwendung dieses gefährlichen Mittels große Vorsicht, damit nicht im Gegenteil der Brand in die anstoßenden unter Wind liegenden Bestände getragen werde, und es muß die Linie, längs welcher das Gegenfeuer angezündet werden soll, gut mit Arbeitern besetzt sein; der Luftzug, welcher nach einer größeren Brandfläche zu von allen Seiten her zu entstehen pflegt, hat die günstige Wirkung, daß das Gegenfeuer bei Herannahen des Feuers direkt gegen den herrschenden Wind, also nach der Brandstätte zu brennt.

Stammfeuer wird durch Verstopfen der Oeffnungen hohler Stämme vor oder nach dem Fällen derselben gelöscht, bei Erdfeuern ist die Isolierung der glimmenden Erdschichte durch genügend tiefe Gräben nötig.

Jede Brandstätte ist nach geschehenem Löschen so lange zu bewachen, bis jede Gefahr eines Wiedererwachens des Feuers vorüber ist; glimmende Stöcke werden mit Erde überworfen und dadurch abgelöscht. Tunlichst rasche Wiederaufforstung der rasch verunkrautenden oder vermagernden Brandflächen ist die weitere Aufgabe des Forstwirtes.

5. Schutz gegen Rauchschäden [1]).

§ 17. Auftreten und Ursachen. Als eine Schädigung der Waldungen, die erst in den letzten Jahrzehnten infolge der hochgesteigerten Industrie in größerem Maßstabe aufgetreten ist und stellenweise geradezu zerstörend auf den Wald einwirkt, erscheinen die s. g. Rauchschäden.

Wir sehen in der Nähe industrieller Werke mit starkem Steinkohlenverbrauch, aber auch von Hüttenwerken, Zinkhütten, Sodafabriken und ähnlichen Etablissements die nahe liegenden Waldungen, insbesondere die in der Richtung des herrschenden Windes gelegenen, in einen kränkelnden Zustand geraten, die Nadeln zuerst rot- oder gelbspitzig werden und allmählich absterben, das Laub in eigentümlicher Weise mißfarbig gerändert, fleckig und vor der Zeit absterbend. Allmählich fangen die Kronen der Bäume an, licht zu werden, Gipfel und Aeste werden dürrspitzig und es gehen zuerst einzelne Individuen, zuletzt ganze Bestände ein — es entsteht

---

1) Literatur: Dr. Schröder und Reuß, Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch 1883. Borggreve, Waldschäden im Oberschlesischen Industriebezirke nach ihrer Entstehung durch Hüttenrauch etc. 1895. Reuß, Rauchbeschädigungen in dem Gräfl. Tiele-Winkler-schen Revier Myslowitz-Kattowitz 1893. Wislicenus, Sammlung von Abhandlungen über Abgase und Rauchschäden 1908 u. ff.

die Rauchblöße; bei von der Rauchquelle entfernter gelegenen Beständen kommt es nicht so weit, aber sie zeigen in sichtlichem Nachlassen des Zuwachses wie in der mangelhaften und beschädigten Belaubung ebenfalls die Folgen des Rauches.

Als die Ursache dieser Erscheinung ist nach eingehenden Untersuchungen in erster Linie und den weitaus meisten Fällen die schweflige Säure zu betrachten, welche durch Verbrennung des in den Steinkohlen und insbesondere auch in den Braunkohlen enthaltenen Schwefels, dann bei dem s. g. Rösten der Erze in ganz außerordentlichen Mengen in die Luft geht. Seltener sind es andere Gase, wie Chlorgas, Salzsäure, salpetrige Säure, Zinkdämpfe, welche als Ursache der Beschädigung zu betrachten sind.

§ 18. Größe der Beschädigung. Abwehr. Die Größe der Beschädigung ist — abgesehen natürlich von der Menge der ausströmenden schädlichen Gase — vor allem abhängig von der Holzart.

Die Nadelhölzer mit ihrer zu mehrjähriger Funktion bestimmten Belaubung sind empfindlicher, als die Laubhölzer, und zwar steht ihre Empfindlichkeit in direktem Verhältnis mit der Dauer der Nadeln, so daß also die Tanne am empfindlichsten ist, an sie schließt sich sofort die Fichte, dann folgen erst Kiefer und Lärche. — Die Laubhölzer sind dank ihrem alljährlichen Blattwechsel widerstandsfähiger; für sie besteht nach Schröder etwa folgende Skala von der empfindlichsten zur widerstandsfähigsten Holzart: Bergahorn, Linde, Esche, Buche, Erle, Birke, Eiche, Roteiche, doch spielen bezüglich dieser Reihenfolge auch Standort und Holzalter eine Rolle.

Die Größe und Intensität der Beschädigung ist dann weiter abhängig von der Nähe der Rauchquelle — je näher, um so größer der Schaden. Doch macht sich letzterer auch noch auf größere Entfernung, bis zu 4 und 5 Kilometer weit, bemerklich und spielt hiebei die Lage der Rauchquelle gegenüber den örtlich herrschenden Winden eine sehr bedeutende Rolle. Endlich ist auch das örtliche Klima von Einfluß; durch feuchte, nebelreiche Luft und häufige Niederschläge wird der Schaden gesteigert.

Die Bekämpfung des Schadens, der an vielen Orten, so vor allem in dem industriereichen Sachsen, ein sehr bedeutender ist, stößt auf große Schwierigkeiten.

Die industriellen Werke, welche für den angerichteten — nach seiner Größe allerdings sehr schwierig zu bemessenden — Schaden haftbar erscheinen, haben sich erklärlicherweise bemüht, ihn tunlichst zu mildern: durch Auffangen der entweichenden schwefligen Säure und deren Ueberführung in Schwefelsäure, durch Aufführen hoher Essen, durch welche der Rauch bezw. die entweichenden Gase in höhere Luftschichten geführt werden sollten — beides mit nur geringem Erfolg.

Aufgabe der Forstwirtschaft wird es sein, durch Nachzucht minder empfindlicher Laubhölzer an Stelle der Nadelhölzer, Erhaltung von Waldmänteln, plenterweisen Betrieb den Schaden wenigstens zu mindern. Die vollständige Rauchblöße dagegen trotzt allen Kulturversuchen.

II. Gefährdungen durch die organische Natur.

1. Gefährdung durch Tiere [1].

§ 19. Bezeichnung der waldschädlichen Tiere. Die Zahl der Tiere, welche im Wald sich aufhalten, ist eine außerordentlich große, viel größer,

1) Literatur: Die gesamte forstschädliche Tierwelt umfassen folgende Werke: Altum, Forstzoologie 1882. Döbner, Handbuch der Zoologie mit besonderer Berücksichtigung jener Tiere, welche in bezug auf Forst- und Landwirtschaft wichtig sind, 1862. Ratzeburg, Die

als sie dem flüchtigen Beobachter wohl erscheinen mag, da deren versteckte, teilweise auch nächtliche Lebensweise sie vielfach dem Auge entzieht. Ebenso mannigfaltig ist diese Tierwelt auch nach ihrer Art, vom stolzen Hirsch herunter bis zur unscheinbaren Larve im Holz, der Made im Innern der Raupe, und mannigfach sind dementsprechend auch ihre Beziehungen zum Wald, der ihnen Obdach und Nahrung gibt, letztere entweder direkt durch seine Produkte, oder indirekt durch die von ihm ernährten Tiere.

Ein großer Teil der Tiere des Waldes muß nun infolge seiner Ernährung durch dessen Produkte und bezw. durch Teile der von uns erzogenen und gepflegten Holzgewächse direkt als schädlich bezeichnet werden; so das eßbare Haarwild, die Mäuse, die eigentlichen Forstinsekten, während andere infolge des Umstandes, daß sie waldschädliche Tiere verzehren, als unbedingt nützlich für den Wald bezeichnet werden müssen: so die insektenfressenden Vögel, die Raubinsekten und Ichneumonen. Eine dritte Gruppe wird nur als bedingt nützlich oder schädlich erklärt werden können, so z. B. die Finken, die neben Insekten auch Holzsamen, die Marder und Wiesel, die neben Mäusen auch nützliche Vögel verzehren. Eine vierte Gruppe endlich: mancherlei Insekten, die auf Unkräutern, von humosen und faulenden Stoffen leben, wird als indifferent für den Wald zu bezeichnen sein. Unsere Aufgabe ist nun, sowohl die dem Wald nützlichen und darum in jeder Weise zu begünstigenden, als auch speziell die dort schädlichen Tiere nach ihrer Lebensweise und ihrem durch letztere bedingten Schaden kennen zu lernen und die Mittel zur tunlichsten Vorbeugung, zur mehr oder minder erfolgreichen Bekämpfung aufzusuchen. Es gehören diese Tiere aber 3 großen Gruppen an: den Säugetieren, Vögeln und Insekten.

1. Schädliche Säugetiere.

§ 20. Einteilung. Die dem Wald schädlichen Säugetiere lassen sich in 3 Gruppen bringen, welche sich insbesondere auch durch den Einfluß, den der Mensch auf die Beschützung des Waldes gegen jede dieser Gruppen zu üben vermag, unterscheiden. Es sind die Haustiere: Pferde, Rinder, Ziegen, Schafe, Schweine, welche zum Zweck ihrer Ernährung in den Wald getrieben werden, gegen die der Mensch den letztern vollständig zu schützen imstande ist, insofern die Ueberwachung des Eintriebs oder selbst das gänzliche Fernehalten in seiner Hand liegt. Es sind die jagdbaren Säugetiere — Rot-, Dam-, Reh-, Schwarzwild, Hasen —, die der Mensch bez. ihrer Zahl fast beliebig zu reduzieren, die größeren Arten selbst ganz auszurotten vermag, so daß die Reduktion des Schadens ihm anheimgegeben ist; es sind endlich die kleinen Nagetiere des Waldes — Mäuse, Eichhörnchen, Schläfer —, deren Auftreten ein viel wechselnderes, von äußeren Einflüßen abhängiges, deren Bekämpfung eine viel schwierigere ist, als jene der vorher genannten Gruppe. Das in manchen Ländern jagdbare, vielenorts sehr schädliche Kaninchen schließt sich mehr dieser letzteren, als der zweiten Gruppe sowohl bezüglich seiner Schädlichkeit, als seiner schwierigeren Bekämpfung an.

A. Die Haustiere.

§ 21. Beschädigungen durch Weidetiere. Die Waldweide war früher bekanntlich von größerer Bedeutung für die Landwirtschaft und wurde in ausgedehntester Weise ausgeübt, vielfach bis zum direkten Ruin des Waldes — es

Waldverderber und ihre Feinde (7. Aufl. bearbeitet von Judeich, 1876). Ratzeburg, Die Waldverderbnis 1868. Altum, Waldbeschädigung durch Tiere 1889. Eckstein, Forstliche Zoologie 1897.

möge nur an die namentlich durch die Ziegenweide kahl gewordenen Berge Griechenlands, Istriens, Tirols erinnert sein! Sie hat jedoch mit dem Uebergang zu einer rationellen und intensiven Landwirtschaft ihre Bedeutung vielenorts ganz verloren und besitzt eine solche in Deutschland fast nur noch in den Gebirgswaldungen.

Der Schaden durch die Weidetiere — Pferde, Rinder, Ziegen und Schafe — kann nun bestehen in dem Verbeißen und Abäsen der Knospen und jungen Triebe, im Benagen der Rinde, dem Zertreten oder gewaltsamen Umbiegen jüngerer Pflanzen, dem Lostreten der Erde an steileren Gehängen, dem Festtreten schweren und Auflockern leichten, losen Bodens, endlich dem Beschädigen der Entwässerungs- und Hegegräben durch den Tritt.

Es ist dieser Schaden aber zunächst ein sehr verschiedener je nach der eingetriebenen Tiergattung. Während das Rindvieh und die Pferde das Gras den Holzpflanzen vorziehen, die letzteren erst beim Mangel an schon vorhandenem oder oder an noch genießbarem Gras anzugreifen pflegen, sind im Gegenteil die Ziegen von Natur mehr auf den Genuß von Laub und Knospen holziger Gewächse angewiesen, ziehen diese Nahrung dem Gras entschieden vor. Die Schafe nehmen zwar das Gras gerne an, doch zeigen sie in der Liebhaberei, Holzgewächse zu benagen und zu verbeißen, eine entschiedene Verwandtschaft mit den Ziegen; diese sind als das dem Wald schädlichste Weidetier zu betrachten und von demselben möglichst fern zu halten!

Dagegen ist der Schaden durch den Tritt bei den schweren Weidetieren, bei Pferd und Rindvieh, entschieden größer, bei ersterem verstärkt durch den eisenbeschlagenen Huf, durch welchen die Pflanzen empfindlicher beschädigt werden, bei letzterem durch das häufige Ausrutschen an steilerem Gehänge bei feuchtem Wetter, wodurch die Erde und mit derselben die Pflanzen losgetreten werden. Junge Pferde beschädigen durch Benagen der Rinde, das Hornvieh durch das gern geübte Reiben nicht selten jüngere Stangen oder stärkere Pflanzen (Heister auf Hutängern).

§ 22. Bedingungen für die Größe des Schadens. Außer durch die Viehgattung ist die Größe des durch die Waldweide hervorgerufenen Schadens auch durch die Art und Weise, wie der Vieheintrieb nach Zahl, Zeit, Aufsicht erfolgt, bedingt, nicht minder aber auch durch die Beschaffenheit der Bestände, welche behütet werden, nach Holz- und Betriebsart, nach Alter und Standortsverhältnissen.

Wird das Vieh in zu großer Zahl in den Wald getrieben, so daß Gras- und Kräuterwuchs zu dessen Ernährung nicht ausreichen; beginnt der Vieheintrieb im Frühjahr zu bald und ehe genügend Gras gewachsen ist, wie dies namentlich nach futterarmen Jahren gerne geschieht, oder wird er zu lange in den Herbst hinein fortgesetzt, nachdem das Gras schon dürr und ungenießbar geworden; fehlt es endlich an genügender Aufsicht durch eine der Zahl des Viehes entsprechende Anzahl von Hütern, so muß der Schaden natürlich ein viel größerer sein als im entgegengesetzten Falle.

Was die verschiedenen Holzarten anbelangt, so ist es eine Anzahl von Laubhölzern, die in erster Linie gerne vom Vieh angenommen werden: Rot- und Weißbuche, Esche, Eiche, Ahorn, — während die Weichhölzer dessen Angriff viel weniger ausgesetzt sind, ja zum Teil (Erle, Birke) nur ausnahmsweise verbissen werden. — Die Nadelhölzer sind im allgemeinen im minderen Maß dem Verbeißen durch Weidevieh ausgesetzt, als das Laubholz, dagegen wird ihnen dasselbe bei ihrer geringeren Reproduktionskraft verderblicher. Wo andere Nahrung fehlt, da sehen wir übrigens auch die Knospen und jungen Triebe fast sämtlicher Nadelhölzer von dem hung-

rigen Vieh verbissen; die ein geringes Ausheilungsvermögen besitzende Föhre wird hiedurch rasch zum Krüppel, Tanne und Fichte dagegen vermögen sich eher wieder zu erholen.

Schläge und Junghölzer leiden aus naheliegendem Grund mehr als ältere Bestände, in welch' letztern die Weide nahezu unschädlich sein kann. Auf gutem, frischen Boden ist dem Vieh reichlichere Bodennahrung geboten, der Holzwuchs bleibt infolge dessen mehr verschont, auch vermögen beschädigte Pflanzen sich leichter zu erholen und den erlittenen Verlust zu ersetzen, als auf trocknem, mageren Boden. Endlich wird sich im schlagweise bewirtschafteten Hochwald der Schaden durch Versperren der jungen Bestände auf ein Minimum beschränken lassen, während im Plenterwald mit seinem bunten Wechsel alten und jungen Holzes ein solcher Schutz des letztern nicht möglich ist, der Schaden sonach ein größerer sein muß. Niederwaldungen entwachsen durch den raschen Wuchs der Stockausschläge bald dem Maule des Viehes, auch ist der Schaden infolge der bedeutenden Reproduktionskraft der Ausschläge ein geringerer.

§ 23. **Schutzmaßregeln bei Ausübung der Weide.** Aus dem im vorigen Abschnitt Gesagten ergeben sich der Hauptsache nach die Maßregeln von selbst, durch welche bei Ausübung der Waldweide der Schaden möglichst vermindert werden kann. Als solche erscheinen:

Zulassung der Weide nur unter Aufsicht verlässiger Hirten, deren Zahl sich nach der Größe der Herde zu richten hat; Verbot der Nachthut, bei welcher jede Aufsicht unmöglich ist; Behängen des Viehes mit Glocken, um fehlende Stücke, die sich von der Herde weg in die grasreicheren Schläge geschlichen haben, leichter zu entdecken.

Beschränkung der Weide auf jene Bestände, welche bereits dem Maule des Viehes entwachsen sind; Bezeichnung der von der Hut ausgeschlossenen Schläge oder in Verjüngung stehenden älteren Bestände durch Warnungszeichen für die Hirten (Strohwische, Tafeln mit entsprechender Aufschrift). Schutz der Schläge gegen das in angrenzenden Beständen weidende Vieh durch Einzäunung oder durch Schonungsgräben. Herstellung genügend breiter Triftwege zum Durchtrieb des Viehes zwischen den der Hut versperrten Beständen, um das Drängen des Viehes und dessen seitliches Ausweichen in die Schläge zu verhindern.

Vermeiden eines zu frühen Beginns der Waldweide und zu langen Fortsetzens in den Herbst hinein; Einhaltung entsprechenden Wechsels in den Weideplätzen, damit das Gras wieder genügend nachwachsen kann.

Schutz der Pflanzheister auf Hutungen durch Umdornen oder um die Heister geschlagene starke Pfähle zum Schutz gegen Benagen und Reiben des Viehes. Unterlassen des Vieheintriebes an steilen Gehängen bei feuchtem Wetter, wenn durch das Abrutschen des Viehes das Lostreten des vom Regen durchweichten Bodens zu fürchten ist.

Die Waldweide, früher in ausgedehntestem Maße und zum schweren Schaden des Waldes allenthalben ausgeübt, hat insbesondere in Deutschland zur Zeit an Bedeutung sehr verloren und ist an vielen Orten nahezu erloschen. Intensiverer Betrieb der Landwirtschaft mit Futterbau und Stallfütterung einerseits, die derzeitige Forstwirtschaft mit ihrer schlagweisen Verjüngung, ihren gleichaltrigen geschlossenen Beständen anderseits haben ihr den Boden entzogen, und nur die Gebirge pflegen es zu sein, wo sie noch in ausgedehntem Maßstabe stattfindet, aber auch noch berechtigt erscheint. Dort stehen vielfach selbst die Schläge dem Weidevieh offen, ohne bei dem reichen Graswuchs allzusehr durch den Verbiß zu leiden. — Am mißlichsten er-

weist sich auch hier die namentlich in südlichen Gegenden zahlreicher vorkommende Ziege.

§ 24. **Beschädigungen durch Schweineeintrieb.** Aehnlich wie die Waldweide hat auch der früher in ausgedehntem Maß ausgeübte Schweineeintrieb in die Waldungen seine Bedeutung verloren: das Verschwinden zahlreicher Eichen- und Buchenwaldungen, der Anbau der als Mastfutter dienenden, alljährlich geratenden Kartoffel sind wohl als Ursachen hievon zu betrachten, und die Mastnutzung durch Schweineeintrieb findet wenigstens in den deutschen Waldungen nur noch in beschränktem Maße statt.

Die Schweine können nun im Walde schädlich werden direkt durch ihre Nahrung, das Aufzehren von Eicheln und Bucheln, die sie auch nach erfolgter Keimung noch gierig annehmen, indirekt dadurch, daß sie bei dem Wühlen im Boden nach anderweiter Nahrung, wie Insekten, Schwämmen u. dgl. — der sog. Erdmast — die Holzpflanzen beschädigen, oft gänzlich herauswühlen, auch die Wurzeln älterer Stämme verletzen. Auf Hutungen werden sie in ähnlicher Weise wie das Rindvieh durch das Reiben an Heistern und die damit verbundene Rindenverletzung und Wurzellockerung schädlich.

Man wird dem Schaden vorbeugen, ja ihn unter Umständen sogar in sein Gegenteil verwandeln können, wenn man den Eintrieb nur unter guter Aufsicht gestattet, jüngere Bestände ausschließt, die durch natürliche Besamung zu verjüngenden Bestände in Mastjahren aber entweder nur bis zum Abfall der Mast behütet, oder in reichen Mastjahren die Schweineherde erst nach vorheriger Sättigung in andern Beständen durch erstere treibt: die Schweine wühlen dann vorzugsweise nach sog. Erdmast, bringen hiebei den Samen gut in den Boden, lockern diesen letzteren, und reichliche, kräftige Besamung pflegt zu erfolgen. — Daß der Eintrieb von Schweineherden zur Vertilgung schädlicher im Boden liegender Insekten — so der Puppen der Fohreneule, des Fohrenspanners — bisweilen mit gutem Erfolg Anwendung findet, wird später noch zu erwähnen sein.

Gegen das Reiben auf Hutungen schützen die im vorigen § angegebenen Mittel.

B. Das jagdbare Wild.

§ 25. **Schaden durch das Rotwild.** Das Rot- oder Edelwild kann in unsern Waldungen unter Umständen und bei stärkerer Anzahl sehr schädlich werden, so daß beispielsweise in reich besetztem Wildpark eine Nachzucht entsprechender Bestände nur bei Anwendung intensiver Schutzmaßregeln möglich ist.

Diese Beschädigungen bestehen zunächst im Abäsen der Knospen und eben entwickelten Triebe der meisten Holzarten, so von Laubhölzern insbesondere der Eiche, Buche, Esche, Ahorn, von den Nadelhölzern vor allem der Tanne, dann aber auch der Fichte und Föhre; dagegen werden Birken, Erlen, Weiden fast nie angegangen. Schwächere Pflanzen gehen hiebei selbst ganz zugrunde, stärkere suchen wohl die verlorenen Teile zu ersetzen, verkrüppeln jedoch bei wiederholter Beschädigung nicht selten vollständig.

Es sind ferner die Früchte der Eiche, Buche, Edelkastanie, die das Wild begierig aufsucht und nicht nur in den natürlichen Verjüngungen in nachteiliger Menge verzehrt, sondern auch in Saatkulturen mit großer Sicherheit zu finden weiß, Herbstsaaten hiedurch oft vollständig zerstörend; auch die Kotyledonen der Buche sind ihm eine erwünschte Aesung.

Eine der mißlichsten Untugenden des Rotwildes aber ist das sog. Schälen,

das Abnagen oder Abreißen der Rinde verschiedener und zwar gerade forstlich wichtiger Holzarten[1]). Dieses Schälen, nach Nördlingers Angabe schon seit Anfang des 18. Jahrhunderts in Thüringen zu Hause, hat entschieden an Verbreitung zugenommen, namentlich bei starken Wildständen und knapper Ernährung, und wird für viele hoffnungsvolle Fichtenstangenhölzer geradezu zum Ruin. In Wildparks mit ihren meist übergroßen Wildständen und der dadurch bedingten ausgiebigen Fütterung, bei welcher das trockene Heufutter eine hervorragende Rolle zu spielen pflegt, gehört das Schälen des Rotwildes zu den ständigen Erscheinungen.

Das Wild benagt nun hiebei entweder im Winter die Rinde glattrindiger jüngerer Pflanzen und Stangen (beginnende Borkebildung setzt demselben sofort ein Ende) zum Zweck seiner Sättigung, die Spuren der Zähne sind bei dieser Winterschälung an den Stangen deutlich sichtbar; oder es reißt zur Saftzeit ganze Rindenlappen los, oft weit hinauf am Baume schlitzend und durch diese Sommerschälung die Bäume schwer schädigend. Beide Arten des Schälens sind hienach leicht zu unterscheiden.

Als Ursache des Schälens erscheint nun einerseits Nahrungsmangel, anderseits aber auch unnatürliche, den Bedürfnissen des Wildes an Wasser und manchen Nährstoffen nicht zusagende Ernährung, wie solche insbesondere durch die oben schon erwähnte Heufütterung stattfindet. Der Umstand, daß Rotwild in freier Wildbahn und dort, wo ihm in Schlägen und Feldern eine reichliche und naturgemäße Ernährung geboten ist, nicht oder doch in minderem Maße schält, dürfte für die Richtigkeit dieser Anschauung sprechen. Die Sommerschälung scheint außerdem auch noch auf Naschhaftigkeit, Spielerei, übler Angewöhnung zu beruhen.

Die Holzarten, die namentlich geschält werden, sind Fichte, Buche, Eiche, Esche, Weymouthskiefer, Tanne, in minderem Maß Föhre, Lärche; namentlich wird die Föhre durch die zeitig eintretende Borkebildung geschützt, während die glattrindige Buche noch als 60—70jähriger Stamm geschält wird. Die eigentlichen Weichhölzer, auch die Birke, bleiben meist ganz verschont.

Als Folgen dieser Beschädigungen aber treten geringer Wuchs der verletzten Stangen, unregelmäßige Stammbildung, Angriffe schädlicher Forstinsekten, Fäulnis der Schälstelle ein; bei Wind- oder Schneebruchbeschädigungen kann man beobachten, daß der Bruch vielfach an der Schälstelle erfolgt. Der untere wertvollste Stammteil geschälter Stämme ist zu Nutzholz unbrauchbar.

Endlich wäre noch die Beschädigung stärkerer Pflanzen und schwächerer Stangen durch das Fegen der Geweihe und das Schlagen zur Brunftzeit zu nennen, wodurch die betroffenen Stammindividuen meist zugrunde gehen.

§ 26. Schutzmittel. Einem größern Wildschaden wird zunächst vorgebeugt werden durch Reduzierung starker Wildstände und durch Sorge für genügende und naturgemäße Ernährung des Wildes durch Fütterung im Winter, Anlage guter Wiesen, Anpflanzung masttragender Bäume (im Wildpark). Bezüglich der Fütterung sei speziell hervorgehoben, daß eine reichliche Beigabe von Eicheln, Kartoffeln, Mais, Rüben zu dem Heufutter sich als vorteilhaft erweist. Die Anlage reichlicher Salzlecken soll dem Schälen (wohl der Sommerschälung) einigermaßen vorbeugen, ja in der Beigabe des sog. Holfeldschen Wildfutterpulvers[2]) (das namentlich Galläpfel, Eichenrinde, Anis und zweifach basisch phosphorsauren Kalk enthält)

1) Vergl. Reuß, Die Schälbeschädigung durch Hochwild, speziell in Fichtenbeständen 1888. Kärner, Das Schälen des Rotwildes. Thar. Jahrb. 30. S. 39. Seibt, Das Schälen des Rotwildes 1911.

2) Holfeld, K., Die Bedeutung des phosphors. Kalkes, des Kochsalzes und einiger Pflanzenstoffe für Ernährung und Gedeihen des Hoch- und Rehwildes 1893.

zu den Salzlecken will man ein nahezu vollständiges Schutzmittel gegen das lästige Schälen gefunden haben.

In der Vermeidung der (auch durch andere Feinde gefährdeten) Herbstsaaten von Eicheln und Bucheln, der Anwendung stärkerer Pflanzen, dann der Büschelpflanzung, bei welcher doch eher auf die Verschonung einzelner Pflanzen zu hoffen ist, liegen weitere Vorbeugungsmittel.

Als direktes Schutzmittel aber erscheint das Einfriedigen der Kulturflächen oder Schläge, was bei starkem Wildstand bezw. im Wildpark kaum zu umgehen ist, und wozu man in neuerer Zeit vielfach Drahtzäune verwendet hat. In ausgedehntem Maße findet ferner das Bestreichen der Gipfeltriebe mit dem Wilde widerlichen, den Pflanzen aber unschädlichen Substanzen, das Teeren oder Leimen als Schutz gegen das Verbeißen statt. An Stelle des zuerst verwendeten, für die Knospen aber schädlichen (ätzend wirkenden) Steinkohlenteers wird vielfach die sog. Schubertsche Mischung aus $^1/_5$ Teer mit $^4/_5$ Kuhdünger, welche sich als ganz unschädlich erweist, in der Neuzeit aber entsäuerter Steinkohlenteer benützt, welch letztere Substanz mit guter Wirkung und vollständiger Unschädlichkeit den Vorzug größerer Appetitlichkeit gegenüber obiger Mischung verbindet. Hyloservin von Ermisch, Schwefelcalcium, Pomolin sind weitere Mittel, die auf Grund angestellter Versuche empfohlen werden [1]).

Das Bestreichen der Knospen geschieht entweder mit der handschuhbewaffneten Hand, mit einfachen Bürsten und Pinseln oder mit eigens hiezu konstruierten Bürstenapparaten, so mit der sehr praktischen Büttnerschen Doppelbürste [2]). — Bei zweckmäßiger Ausführung zeigt das Teeren (Leimen) sehr befriedigenden Erfolg.

Auch das Bespritzen der Gipfel mit Kalk, sowie das „Verhanfen", bei welchem auf die Gipfeltriebe eine kleine Partie trockenen Hanfwerges gelegt wird, hat mit Erfolg Anwendung gefunden. — Als neueres Mittel seien die von dem württembergischen Oberförster Lanz erfundenen und empfohlenen Blechkronen genannt, 5 cm lange und 4 cm hohe, auf einer Seite 3 cm tief ausgezackte Stückchen Weiß- oder Schwarzblech, welche so um die zu schützende Gipfelknospe herumgelegt werden, daß diese durch die scharfen Spitzen geschützt ist. Die Befestigung geschieht durch einfaches Andrücken.

Schwieriger als das Verbeißen ist das Schälen zu bekämpfen, das in fast allen Wildparken zu Hause ist, doch auch in freier Jagd vorkommt und die Waldungen schwer schädigt. Man schützt jüngere Fichten und Tannen durch Umbinden des Schaftes mit den noch grünen, hinauf- oder heruntergebogenen Aesten, in Fichtenstangenhölzern die dominierenden Stämme durch Umbinden des Stammes mit dem Astholz der bei der Durchforstung anfallenden Stangen mittelst Draht; Solitärbäume umgibt man mit weitmaschigem Drahtgitter. Mit dem Flammigerschen Schutzkratzer [3]) verletzt man die Rinde der dominierenden Fichtenstangen leicht und erzeugt dadurch einen schützenden Harzausfluß, ebenso mit dem Münstschen Punktierrad oder dem Lanzschen Harzhobel. Bei Laubhölzern — Buche, Esche, Eiche — erzeugt der Lanzsche Rindenstriegel [4]) seichte Kratzwunden auf der glatten Rinde und dadurch die Bildung von Wundkork, der die Rinde rauh und dem Wild minder angenehm macht.

1) Vergl. Eckstein in Zeitschr. f. F.- u. J.-W. 1902, S. 540; ferner „Anteeren als Mittel gegen Wildverbiß", Forstw. Z.-Bl. 1900, S. 21.

2) Forstw. Z.-Bl. 1900 S. 21.

3) Forstw. Z.-Bl. 1907 S. 606.

4) Hofjagdinspektor Lanz in „Wild und Hund", 1908.

§ 27. Schaden durch Dam- und Rehwild. Die Nahrung des Damwildes gleicht jener des Rotwildes und der Schaden ist daher der Hauptsache nach der gleiche; doch schält es nur ausnahmsweise da und dort im stark besetzten Wildpark, so daß wenigstens diese sehr lästige Beschädigung entfällt.

Auch das Rehwild verbeißt die Knospen und jungen Triebe vieler Holzarten und kann hiedurch bei stärkerem Stand sehr lästig und schädlich werden, verzehrt Eicheln und Bucheln, schält jedoch nie. Der Schaden, den die Rehböcke durch das Fegen ihrer Gehörne anrichten, kann ein fühlbarer dadurch werden, daß dies Fegen mit besonderer Vorliebe an seltener vorkommenden, in die Schläge eingepflanzten Holzarten (Lärchen, Weymouthskiefern, Douglasien) geschieht. Speziell die in unsere Waldungen in den letzten Jahrzehnten neu eingebrachten Fremdhölzer haben darunter zu leiden.

Gegen das Verbeißen durch Dam- und Rehwild bringt man die schon im vorigen § besprochenen Maßregeln zur Anwendung, gegen das lästige Fegen der Rehböcke schützt man etwa die eingepflanzten Holzarten (wenn deren Zahl keine zu große) durch sperrige Aeste, welche man neben den betr. Pflanzen in die Erde stößt oder mit einer Wiede an diese bindet, oder durch angebundene Streifen weißen Papiers als Scheuchen. Auch stärkere, 5—6zackige Lanzsche Kronen (s. § 26) werden zum Schutz um die Stämmchen gelegt und deren Spitzen nach auswärts gebogen.

§ 28. Schaden durch Schwarzwild. Gleich dem zahmen Schwein geht auch das Wildschwein den Eicheln und Bucheln, sowie den eben aufgekeimten Sämlingen gierig nach, zerstört dadurch insbesondere Saatkulturen, beschädigt aber auch durch sein Wühlen nach Insekten, Wurzeln und Schwämmen viele Pflanzen in den Schlägen. Im Laubholzwald wird das Schwarzwild viel lästiger als im Nadelwald, in welchem es durch Vertilgung zahlreicher schädlicher Insekten nützlich zu werden, dem aufmerksamen Forstmann auch die Anwesenheit solcher Feinde durch sein Wühlen in den befallenen Beständen zu verraten vermag.

Wo Wildschweine in auch nur geringer Zahl vorhanden sind, wird man Saatkulturen mit Eicheln und Bucheln unterlassen und zur Pflanzung greifen müssen. Saatkämpe jeder Art bedürfen stets fester Einfriedigung, da der lockere Boden die Sauen zum Brechen lockt.

§ 29. Schaden durch Hasen und Kaninchen. Der Schaden durch Hasen ist ein mäßiger und nur im strengen Winter, wenn die Saatfelder durch Schneedecke minder zugänglich sind, ein fühlbarer; er besteht im Abäsen der Knospen, namentlich der Laubhölzer (Rot- und Weißbuchen, Ulmen, Ahorne, Eschen), dann im Benagen der Rinde, wobei der Hase neben Obstbäumen vor allem die Akazien, die ihm besonders zusagen, heimsucht. In Forstgärten kann er sehr lästig werden und bedürfen solche für Laubhölzer (mit Ausnahme etwa der ihm weniger zusagenden Eiche) eine hinreichend dichte Einfriedigung; Obstbäume werden durch Umbinden mit Dornen, Stroh, Nadelreisig geschützt.

Viel lästiger als der Hase wird in Feld und Wald das in manchen Gegenden in großer Zahl vorkommende Kaninchen. Dieses verzehrt die Knospen nahezu aller Holzarten, verbeißt selbst Föhrenpflanzen vollständig, benagt die Rinde namentlich der Rot- und Weißbuche, Akazie, Lärche sehr intensiv, und es konzentriert sich der Schaden hiebei durch seinen steten Aufenthalt in größerer Zahl am gleichen Ort — in der Nähe seiner Baue — in viel höherem Grad, als bei dem Hasen. In der Nähe von Kaninchenbauen ist oft kaum ein Holzwuchs aufzubringen und bleiben öfters lästige Lücken in den Kulturen.

Abhilfe ist nur durch tunlichst starken Abschuß (Frettieren), Zerstören der

Baue, Verwendung starker durch Benagen und Verbeißen minder gefährdeter Pflanzen möglich; Saatbeete bedürfen sehr dichter Einfriedigung, ja man hat sich sogar schon genötigt gesehen, ganze Kulturflächen nach vorheriger Säuberung von Kaninchen mit engmaschigem Drahtgeflecht einzufriedigen (so in der Rheinebene). Vielfach ist man geradezu zu einem Vertilgungskrieg gegen die schädlichen Nager genötigt, fängt sie in kleinen vor die Röhren gelegten Tellereisen oder tötet sie in den Bauen mit Hilfe des giftigen Schwefelkohlenstoff-Gases.

C. Die kleinen Nagetiere.

§ 30. Schaden durch Mäuse[1]). Zwei Gattungen von Mäusen halten sich oft als lästige Gäste in unseren Waldungen auf; die Gattung Mus, echte Maus, durch spitzen Kopf, große Ohren und körperlangen Schwanz gekennzeichnet, und vorwiegend durch die Wald- oder Springmaus, Mus sylvaticus, vertreten; dann die Gattung Arvicola, Wühlmaus mit dickerem Kopf, kleineren Ohren und kurzem Schwanz, durch drei Arten repräsentiert: durch die eigentliche Feldmaus, A. arvalis, die sich namentlich im Herbst vom Feld in den Wald zurückzieht, durch die Rötelmaus, A. glareolus, und durch die Wasserratte oder Mollmaus, A. amphibius.

Der Schaden, der den Waldungen durch die Mäuse zugehen kann, ist namentlich in Laubholzwaldungen ein oft sehr bedeutender: durch das Aufzehren der Sämereien, der Eicheln, Bucheln, Kastanien, in Saatbeeten auch jener von Linden- und Weißbuchen-, in minderem Maß der Nadelholzsämereien; ferner durch das Benagen der noch zarten Rinde jüngerer Holzpflanzen während des Winters, namentlich der Weiß- und Rotbuche, auch Eiche und Esche, im Notfalle aber nahezu sämtlicher Holz- und Straucharten, auch der Nadelhölzer, teils unmittelbar am Boden, teils bis zur Höhe von einigen Metern, wobei ihnen, namentlich der Rötelmaus, die Gewandtheit im Klettern zustatten kommt. Dieses Benagen geht oft bis zum völligen Abschneiden schwächerer Pflanzen, und zarte Nadelholzpflanzen werden unter der die Mäuse schützenden Schneedecke oft reihenweise abgeschoren. Die Mollmaus nagt unterirdisch selbst starke Wurzeln vollständig durch.

Jederzeit in geringerer Zahl im Wald vorhanden, vermehren sich die Mäuse unter dem Einflusse warmer, trockner Frühjahre und Sommer, sowie milder Winter oft außerordentlich, sich dabei im Herbst durch Zuzug vom Felde her verstärkend. Geschützte Oertlichkeiten, wie starker Grasüberzug des Bodens, Gestrüppe, dichte natürliche Verjüngungen, starke Laubdecken ziehen sie einerseits besonders stark an, begünstigen anderseits ihre Vermehrung; dagegen werden sie durch heftige Regengüsse, trockenen Frost ohne Schneedecke, Nässe mit nachfolgendem Frost oft in kürzester Zeit bis auf geringe Reste vernichtet. Großen Abbruch tun ihnen die zahlreichen Feinde: alle Raubtiere unseres Waldes vom Fuchs bis zum Wiesel und Igel, die Raubvögel, obenan Eulen und Bussarde, dann Krähen; auch wilde und zahme Schweine verzehren die Mäuse begierig, und unter gewöhnlichen Verhältnissen wird ihre Zahl durch diese Feinde im Zaum gehalten, deren Schonung daher, soferne ihr anderweiter Schaden kein überwiegender, als Vorbeugungsmittel zu empfehlen sein.

Zerstörung der Brutstätten durch Entfernung des Grasfilzes und Gestrüppes aus den gefährdeten Oertlichkeiten; Vermeidung von Herbstsaaten mit den oben bezeichneten Sämereien in Mäusejahren; Schutz der Saatbeete durch Umfassungsgräben mit steil abgestochenen Wänden und in der Sohle ein-

1) Vergl. Altum, Unsere Mäuse etc. 1880.

gesetzten Töpfen; endlich selbst unschädliche Fütterung der Mäuse, indem man in den gefährdeten Buchenschlägen Stockausschläge und Weichhölzer fällt und gleich dem Reisig des etwaigen Nachhiebsmaterials über Winter liegen läßt, damit die Mäuse, sich an den Knospen und Rinden dieser Hölzer sättigend, die Pflanzen verschonen — sind als weitere Vorbeugungsmittel zu nennen. Alsbaldiges Abschneiden ringsum benagter Laubholzpflanzen im Frühjahr mindert durch den sofort erscheinenden Stockausschlag den Schaden.

Die Vertilgung der in Ueberzahl vorhandenen Mäuse wird mit einigem Erfolg nur in Saatbeeten, in denen allerdings schon eine kleinere Zahl lästig werden kann, durch Vergiftung und ausnahmsweise mit Fallen platzgreifen können. Die Vergiftung erfolgt mit Weizenkörnern oder aus Mehl gefertigten Pillen, welche mit Phosphor, Arsenik oder Strychnin vergiftet und entweder direkt mit Hilfe von Blechröhren in die Mauslöcher geworfen oder in Drainröhren von geringem Durchmesser ausgelegt werden; Arsen-Weizen hat sich nach neueren Versuchen am besten bewährt. — Der Landwirt macht von dem Mittel der Vergiftung viel ausgedehnteren Gebrauch als der Forstmann, wendet bei größerem Mäusefraß auch den Löfflerschen Typhus-Bazillus an, der nach Dr. Gehrhardts Mitteilung [1]) auch im Wald erfolgreiche Anwendung fand.

§ 31. Schaden durch Eichhörnchen und Schläfer. Die Beschädigungen des Waldes durch Eichhörnchen können namentlich in Jahren, in welchen ihnen die beliebteste Winternahrung, die Eicheln, Bucheln und Nadelholzsämereien fehlen, oft sehr empfindliche sein.

Sie beißen dann zu ihrer Ernährung die Knospen, namentlich auch die kräftigen Terminalknospen der Nadelhölzer ab; minder nachteilig ist das Abbeißen der kleinern Seitentriebe der Fichte, deren Blatt- und Blütenknospen dann ausgefressen werden — die abgebissenen etwa fingerlangen Triebe, unrichtig als „Absprünge" bezeichnet, liegen oft massenhaft unter den älteren Fichten.

Großen Schaden [2]) richten die Eichhörnchen bisweilen im Frühjahr in Nadelholzbeständen durch das bald völlige, bald platzweise oder ringförmige Entrinden der Gipfel an, wobei sie die zarte Rinde verzehren, die Saftschichte ablecken; bisweilen liegt auch die abgeschälte Rinde in Fetzen am Boden und wurde sonach nur die Basthaut, das Kambium, verzehrt.

Auch ihre Liebhaberei für die oben genannten Holzsämereien vermag sehr lästig zu werden, namentlich in Saatbeeten; sie holen Eicheln, Bucheln, Edelkastanien aus dem Boden, die Eicheln auch nach schon erfolgter Keimung, verzehren die saftigen Kotyledonen der Buchen und können dadurch empfindlich schaden. — Den Nadelholzsamen erlangen die Eichhörnchen durch Entschuppen der halbreifen und reifen Zapfen, und insbesondere unter Fichten liegen die Spindeln und Schuppen der zernagten Zapfen oft in großen Mengen.

Das einzige Gegenmittel gegen den Schaden durch die Eichhörnchen — die auch als Nesträuber durch Vernichten nützlicher Singvögel schaden — ist entsprechende Verringerung durch Abschuß, der ohne große Schwierigkeit durch das Schutzpersonal ausgeführt werden kann.

Die sog. Schläfer oder Haselmäuse (Myoxus) kommen in ganz Deutschland vor, fallen aber als kleine, nächtliche Tiere nicht ins Auge und sind hier wohl

1) A. F.- u. J.-Z. 1911, S. 37.

2) Aus der Schweiz ist ein Fall konstatiert, in welchem ein 13 ha großer 15—40-jähriger Bestand von Fichten, Föhren und Lärchen auf solche Weise fast völlig ruiniert wurde. (Schw. Z. 1883, S. 192).

nirgends so zahlreich, daß der durch sie verursachte Schaden — ringweises Benagen der Rinde, namentlich der Rotbuche, Weißbuche, sowie auffallenderweise der Erle und Birke, dann Verzehren der Eicheln, Bucheln — ein größerer wäre und zur Abwehr nötigte. In größerer Zahl kommen sie dagegen in Krain, Kärnten, Tirol vor und haben dort durch Entrinden junger Nadelholzstämme schon sehr namhaften Schaden verursacht. Die Bekämpfung ist infolge der nächtlichen Lebensweise dieser Tierchen sehr schwierig und kann nur durch Wegfangen der Haselmäuse in Fallen geschehen[1]).

2. Schädliche Vögel.

§ 32. Die Nachteile, welche durch die Vogelwelt unseren Waldungen zugehen können, sind verhältnismäßig geringe und örtlich begrenzte; ein Teil der hier zu nennenden Vögel macht sich gleichzeitig durch Insektenvertilgung wieder mehr oder weniger nützlich, andere sind jagdlich geschätzte Tiere, und wir werden daher, von Vertilgungsmaßregeln absehend, uns auf Angabe einiger Schutzmittel zu beschränken haben.

Das Auergeflügel, im Winter vorzugsweise auf die Ernährung durch Holzknospen angewiesen, kann sehr lästig werden, wenn es diese seine Nahrung an den Pflanzen unserer Saatkulturen oder Forstgärten sucht; ein paar Stücke, den einmal angenommenen Aesungsplatz einhaltend, entwipfeln dann oft Hunderte von Fichten, Föhren und Tannen, zumal bei Schnee jeder herausragenden Pflanze den Gipfel abäsend. — Ueberdecken der Beete mit Schutzgittern, der Beete oder wenigstens Beetwege mit sperrigem Reisig oder Dornen gibt in Saatbeeten den nötigen Schutz; auch Anteeren der Knospen (s. § 26) und Ueberspannen der Saatbeete mit Draht hat man mit Erfolg angewendet. Viel geringer ist der Schaden durch Birkwild und Haselwild.

Die Wildtauben verzehren sowohl Bucheln und Eicheln wie Nadelholzsämereien und werden durch letztere Liebhaberei insbesondere auf Freisaaten im Frühjahr bisweilen schädlich, weniger in Saatbeeten, da sie nicht scharren, nur obenauf liegenden Samen verzehren. Durch öfteres Schießen an den bedrohten Plätzen sind sie leicht fern zu halten.

Der Nuß- oder Eichelhäher — nützlich als Insektenvertilger, schädlich als Nesträuber — kann durch seine Liebhaberei für Eicheln, Bucheln, Edelkastanien und durch die Sicherheit, mit welcher er diese Früchte selbst bei guter Bedeckung mit Erde zu finden weiß, in Saatkulturen und Saatbeeten oft sehr lästig werden, die Saaten stark dezimieren. Bewachen der Saatplätze, Wegschießen der Häher, Decken der Saatbeete mit Dornen, sperrigen Aesten oder Schutzgittern sind die anzuwendenden Schutzmittel.

Die Finkenarten werden in Freisaaten wie Saatbeeten durch das Aufzehren der Föhren-, Fichten-, Lärchensamen, das Abbeißen der eben aufgekeimten, noch die Samenhülle tragenden Pflänzchen der genannten Holzarten oft sehr nachteilig. Auch Bucheln und deren Kotyledonen werden von den Bergfinken und Buchfinken verzehrt.

Freisaaten müssen zur Strichzeit gegen die oft starken Flüge der Bergfinken bewacht werden, Saatbeete schützt man durch die bekannten Saatgitter. Als ein mit gutem Erfolg zum Schutz der Nadelholzsaatbeete angewendetes Mittel ist das Vergiften des Samens mit roter Bleimennige (Bleioxyd) zu nennen. Ein geringes Quan-

1) Heß (Forstschutz (Bd. I S. 156) teilt mit, daß in Krain in Buchenmastjahren bis 800 000 solcher Haselmäuse (Billiche) gefangen, verspeist und deren Felle verkauft werden.

tum des sehr billigen und überall zu habenden Mittels reicht hin, um jedem Korn des etwas angefeuchteten Samens einen leichten Ueberzug jenes Schutzmittels zu geben[1]) und sowohl das Korn in ungekeimtem Zustand, als den noch die Samenhülle tragenden Keimling zu schützen. Ein Töten der Vögel findet dabei erfreulicherweise nicht statt, doch meiden diese den vergifteten Samen.

3. Schädliche Insekten[2]).

§ 33. Die Forstinsekten im allgemeinen. Die gefährlichsten Feinde des Waldes aus der Tierwelt sind entschieden die Insekten; ihre rasche Vermehrung und ihr dadurch ermöglichtes Erscheinen in oft kolossaler Zahl, ihre meist geringe Größe und hiedurch bedingte schwierige Bekämpfung und Vertilgung sind es, die sie zu solch gefährlichen Feinden machen.

Nicht jedes Insekt, welches auf unsern Waldbäumen lebend sich von einzelnen Teilen derselben nährt, bezeichnen wir als schädliches Forstinsekt, sondern belegen mit diesem Namen nur jene, welche — sei es nun öfter oder seltener — in größerer Anzahl auftretend nicht nur den einzelnen Baum, sondern den Bestand oder gar den Wald mehr oder weniger gefährden.

Jederzeit, wenn auch in geringer Zahl im Walde vorhanden, und durch geringe Größe, unscheinbare Färbung und verborgene Lebensweise sich dem Auge leicht entziehend, vermag sich eine Anzahl jener Insekten bei ihrer Fortpflanzung gebotenen günstigen Bedingungen außerordentlich rasch zu vermehren. Es läßt sich dabei nicht in Abrede stellen, daß unsere gegenwärtige Wirtschaftsweise mit ihren großen Schlägen, ihren ausgedehnten gleichalten und gleichartigen Beständen der Vermehrung mancher Insekten, insbesondere jener aus der Klasse der Kulturverderber, entschieden günstig ist, und daß eine Anzahl früher viel weniger bekannter und gefürchteter Insekten unseren Waldungen in den letzten Jahrzehnten großen Schaden zugefügt hat.

Dieser Schaden tritt nun in sehr verschiedener Weise hervor: In den Kulturen werden die Pflanzen durch den Fraß der Insekten im Wuchs gestört, zum Kränkeln und Absterben gebracht, selbst ganze Kulturen vernichtet, die dann unter großen Kosten und mit Zuwachsverlust erneuert werden müssen. Aeltere Bestände werden im Wuchs beeinträchtigt, durch das Absterben befallener Stämme durchlöchert, ja oft in großer Ausdehnung getötet und müssen vorzeitig abgetrieben werden; infolge der bedeutenden Holzmassen, die zu Markt gebracht werden müssen, sinken die Holzpreise, geringe Sortimente wie Reisig und Stockholz werden oft geradezu unverwertbar. Die Hiebsordnung, im Laufe oft langer Jahre mit Opfern hergestellt, wird zerstört, die gesamte Forsteinrichtung durch eine größere Insektenkalamität über den Haufen geworfen. Die Kasse des Waldbesitzers endlich wird durch die anzuwendenden Verhütungs- und Vertilgungsmaßregeln, die Nachbesserung und Erneuerung der Kulturen, die steigenden Arbeitslöhne u. ä. oft in sehr harter Weise betroffen.

Angesichts dieser Beschädigungen und der stets drohenden Gefahr ist es Aufgabe jedes Forstmannes, sich mit den wichtigsten Forstinsekten, deren Lebensweise und den auf diese gegründeten Verhütungs- und Vertilgungsmaßregeln bekannt zu

1) Vergl. Fürst, Pflanzenzucht 4. Aufl. S. 157.

2) Literatur: Henschel, Leitfaden zur Bestimmung der schädlichen Forst- und Obstbauminsekten, 1876. Ratzeburg, Die Forstinsekten, 3 Teile, 1837—1844. Judeich und Nitzsche, Lehrbuch der mitteleuropäischen Forstinsektenkunde, 1885. Taschenberg, Forstwirtsch. Insektenkunde, 1874. — Dr. Nüßlin, Leitfaden der Forstinsektenkunde 1905. Vergl. auch die Lit.-Angabe bei § 19.

machen, und es bilden diese letzteren einen wichtigen Teil der Lehre vom Forstschutz.

§ 34. Lebensweise der Forstinsekten. Strenge genommen gehört nur der letzterwähnte Teil der Insektenkunde: die Lebensweise der Forstinsekten, insoferne durch sie die Maßregeln der Verhütung und Vertilgung bedingt sind, in das Gebiet des Forstschutzes, während die Insektenkunde im allgemeinen, die Organographie, Physiologie, Systematik in das Gebiet der Zoologie zu verweisen sind. Zum leichteren Verständnis des Nachfolgenden, wie verschiedener wiederholt gebrauchter technischer Ausdrücke, mögen jedoch gleichwohl einige kurze Erörterungen über die Lebensweise der Insekten im allgemeinen hier folgen.

Die überwiegende Mehrzahl der Insekten durchläuft vier von einander grundverschiedene Entwicklungsstadien und damit eine vollkommene Metamorphose: Ei, Larve, Puppe und fertiges Insekt (Imago): nur eine kleine Zahl hat eine unvollkommene Metamorphose, bei welcher sich das Puppenstadium von jenem des fertigen Insektes nicht oder nur wenig unterscheidet, eine Puppenruhe nicht besteht.

Von dem Imago werden die Eier bald einzeln, bald in großer Zahl zusammen abgelegt; je nach der Jahreszeit, in welcher diese Eiablage erfolgt, schlüpfen aus den Eiern schon nach wenig Wochen oder erst nach vorheriger Ueberwinterung die Larven.

Letztere werden nun Maden genannt, wenn sie wie bei den Fliegen fußlos sind; die Larven der Käfer zeigen hornigen Kopf und 3 lange Beinpaare (Engerlinge) oder nur Fußstummel, die Raupen der Schmetterlinge haben 5 oder 8 Beinpaare (erstere geringere Zahl die sog. Spannerraupen), und endlich die sog. Afterraupen der Blattwespen besitzen (mit Ausnahme der Gespinst-Blattwespen) 9—11 Beinpaare.

Ist die Larve ausgewachsen, so verpuppt sie sich, und zeigt als Puppe entweder schon alle Teile des fertigen Imago, sich von diesem nur durch andere Färbung und ihren Ruhezustand unterscheidend — gemeißelte Puppe —, oder sie ist mit einer diese Teile verhüllenden Haut umgeben — maskierte Puppe. Diese liegt entweder nackt in der Erde oder, durch einige Gespinstfäden befestigt, in einer Rindenritze, zwischen Nadeln etc., oder sie ist mit einem schützenden dichten Gespinst, dem Kokon, umgeben. Besteht die die Puppe umgebende Hülle aus der nicht abgestreiften Larvenhaut, so wird sie Tonne, Tönnchen genannt. Als Beispiele seien für gemeißelte Puppen jene der Käfer, für maskierte jene der Schmetterlinge genannt; nackt liegen die Puppen des Föhrenspanners unter dem Moos, in großen Kokons die Puppen des Kiefernspinners, in Tönnchen jene der Blattwespen.

Der Verpuppung folgt eine bald nur wenige Wochen dauernde, bald aber — bei Ueberwinterung im Puppenzustand — über 6—8 Monate sich erstreckende Puppenruhe, und dieser die Entwicklung des fertigen Insekts (Imago), des Käfers, Schmetterlings usf.; bei Insekten mit unvollkommener Entwicklung fehlt diese Puppenruhe. Dem Ausschlüpfen des Imago folgt in den meisten Fällen alsbald die Paarzeit, Flug- oder Schwärmzeit genannt, bei einigen Insekten jedoch auch erst nach vorheriger Ueberwinterung. In den meisten Fällen folgt der Paarzeit ziemlich rasch das Absterben der fast durchaus kurzlebigen Imagines, des Männchens nach der Begattung, des Weibchens nach der Eierablage; doch hat man bei einzelnen Insekten, namentlich Käfern, auch eine verhältnismäßig lange Lebensdauer beobachtet.

Auf die Größe der Vermehrung ist neben der Zahl der abgelegten Eier auch die sog. Generationsdauer von Einfluß, die Zeit, welche vom Zeitpunkt der

1. 2. 3. 4. 4.L.

5. 5.L. 6. 6.L. 7.

9.

10.♀ 11. 12. 13. 14. 15. 8.

16.

17.♂ 17.L.

17.♀ 17.P.

13.L. 13.E. 18.♀ 18.L.

18.♂

19.♂ 19.♀ 19.P. 19.L. 20.

20.L. 20.P.

Handb d. Forstwiss. 3 Aufl. II.

[illegible] & Lang Lith. Kunstanstalt [illegible]

H. Laupp'sche Buchhandlung in Tübingen

Eierablage bis zur Schwärmzeit der diesen Eiern entsprossenen Insekten verstreicht; sie ist außerordentlich verschieden, umfaßt bei manchen Arten nur wenige Wochen, bei andern selbst mehrere Jahre, und man nennt die Generation

einfach, wenn sich alljährlich eine Generation entwickelt, wie bei den meisten Schmetterlingen,

doppelt, wenn deren zwei in einem Jahre zur Entwicklung gelangen (Borkenkäfer, Blattwespe),

mehrfach, bei sehr kurzer, innerhalb Jahresfrist sich öfter wiederholender Entwicklung (Ichneumonen, Blattläuse),

zweijährig, wenn das Insekt zwei volle Jahre zu seiner Entwicklung bedarf (Holzwespe, Bockkäfer, Harzgallenwickler), endlich

mehrjährig, wenn hiezu 3 und selbst 4 Jahre nötig sind (Maikäfer).

Die Insekten werden entweder nur im Larvenzustand schädlich (so die Schmetterlinge), oder als Imagines, wie bei einem Teil der Käfer (großer Rüsselkäfer, spanische Fliege), oder endlich in beiden eben genannten Entwicklungsstadien (so Maikäfer, Waldgärtner).

§ 35. Verbreitung und Vermehrung. Die Verbreitung der Forstinsekten ist in horizontaler wie vertikaler Richtung eine sehr bedeutende, doch nimmt aus naheliegenden Gründen zunächst die Zahl der Arten, dann auch jene der Individuen wie gegen Norden, so auch mit der Meereshöhe ab, und im eigentlichen Hochgebirge treten nennenswerte Insektenbeschädigungen nur seltener auf.

Was die gefährdeten Holzarten betrifft, so lebt zwar auf manchen Laubhölzern, so z. B. der Eiche, eine große Zahl von Insekten, aber nur wenige Laubholzinsekten treten in geradezu bedrohlicher Menge auf, und die den Laubhölzern innewohnende größere Reproduktionskraft vermag die erlittene Beschädigung auch leichter wieder auszuheilen. Von den Nadelhölzern beherbergen Tanne und Lärche nur wenige schädliche Insekten, dagegen sind es zwei unserer verbreitetsten, in reinen Beständen auf ausgedehnten Flächen vorkommende Holzarten: Fichte und Föhre, welche am häufigsten und schwersten unter Insektenbeschädigungen zu leiden haben. Auf ihnen findet sich auch eine Anzahl streng monophag lebender Insekten, während eine große Zahl der auf Laubholz vorkommenden polyphag ist, die verschiedensten Holzarten angeht.

Die Vermehrung der schädlichen Forstinsekten ist, wie schon oben erwähnt, einigermaßen bedingt durch die Generationsdauer; im weitern sind es äußere Einflüsse, durch welche die Vermehrung der Insekten begünstigt wird: heiße Sommer, trockene Witterung zur Zeit der Häutung der Larven, des Schwärmens, vor allem aber reichlich dargebotene Brutstätten. Dies letztere gilt insbesondere für eine Reihe von Nadelholzinsekten, die zur Ablage ihrer Brut vor allem Holz mit stockendem oder doch geschwächtem Saftfluß aufsuchen, erst bei großer Vemehrung auch notgedrungen an gesunde Stämme gehen; ihnen bieten Wind- und Schneebruchmaterial, frisch gefälltes, im Wald liegendes Holz, frische Stöcke, durch vorherigen Raupenfraß kümmernde Stämme und Bestände diese Brutstätten in reichem Maß, und alle Ereignisse, durch welche solche Brutstätten in großer Menge geschaffen werden, führen gleichzeitig die Insektengefahr herbei. Oertlichkeiten, von welchen die letztere hienach ausgeht, nennen wir Insektenherde.

Dagegen treten ungünstige Witterung, heftige Regengüsse, naßkaltes Wetter der Vermehrung mancher Insekten, so namentlich der nackten Raupen hemmend entgegen; Krankheiten, sowie Pilzbildungen, welche an den Raupen und Puppen im Winterlager sich zeigen, vernichten oft die Mehrzahl in kurzer Zeit; endlich aber ist

es eine Reihe von Tieren, welche uns im Kampf gegen die Forstinsekten unterstützen. Als solche erscheinen die insektenfressenden Vögel: Stare, Krähen, Baumläufer, Spechte, Meisen, Drosseln, die meisten der kleinen Singvögel, Kuckuck, Häher, kleinere Raubvögel, Eulen; ferner eine Anzahl Säugetiere: Maulwurf, Spitzmaus, Igel, Eichhorn, Wiesel, Iltis, Marder, Dachs, Fuchs, Fledermäuse, zahme und wilde Schweine; endlich

§ 36. Die nützlichen Forstinsekten. Mit diesem Namen bezeichnen wir jene Insekten, welche uns entweder durch Verzehren der Eier, Larven, Puppen oder Imagines schädlicher Insekten nützlich werden — wir nennen sie Räuber oder Raubinsekten — oder welche ihre Eier in die Larven, seltener Eier oder Puppen, anderer Insekten absetzen und durch das Schmarotzen ihrer ausschlüpfenden Larven töten — Schmarotzer oder Parasiten.

Als die wichtigsten Arten aus beiden Gruppen seien genannt:

1. Als Räuber: Hier steht obenan die an Arten wie Individuen sehr zahlreiche Gruppe der Laufkäfer (Carabus), die sowohl als Larven wie als Käfer andere Insekten verzehren. Von besonderer Bedeutung sind die sog. Kletterlaufkäfer, welche ihrer Nahrung nicht nur am Boden, sondern auch auf den Bäumen nachgehen, im Laubholz der kleinere Calosoma inquisitor, in Nadelholzbeständen der große Calosoma sycophanta (s. Taf. I Fig. 5).

Weiter sind zu nennen die in sandigen Gegenden häufigen und in mehreren Arten auftretenden Sandkäfer (Cicindela), die Moderkäfer (Staphylinus), der Bunt- oder Ameisenkäfer (Clerus formicarius) (s. Taf. I Fig. 4), dessen rötliche Larve unter der Rinde den Borkenkäferlarven nachgeht, die Stechwespen (Vespa), Wolfsfliegen (Asilus), die Schmetterlinge fangenden Libellen (Libellula), die allbekannten Marienkäferchen (Coccinella) als Vertilger der lästigen Blattläuse, endlich die Ameisen (Formica).

2. Als Schmarotzer: Die Raupenfliegen (Tachina) und die außerordentlich zahlreiche und mannigfaltige Familie der Schlupfwespen (Ichneumon) [1]. Diese beiden Insektengruppen sind für die Vertilgung schädlicher Insekten von großer Bedeutung und seien deshalb hier etwas eingehender besprochen.

Die Raupenfliegen oder Tachinen (s. Taf. I Fig. 1), zur Ordnung der Zweiflügler gehörend und Stubenfliegen ähnelnd, jedoch an dem stark behaarten Hinterleib leicht kenntlich, kleben ihre Eier äußerlich an die Raupe und zwar meist wohl nur ein Ei, doch finden sich bei großer Vermehrung der Tachinen deren auch mehrere an einer Raupe. Die ausschlüpfenden Lärvchen bohren sich nun ins Innere der Raupe, von deren Säften lebend; doch gehen die Raupen nicht alsbald zu Grunde, zeigen große Freßlust und gelangen vielfach sogar zur Verpuppung. Die ausgewachsene Tachinenlarve bohrt sich durch die Haut ihres Wirtes, der Raupe oder Puppe, die nun zu Grunde gehen, heraus, läßt sich zur Erde fallen und verpuppt sich in einem braunen oder schwarzen, geringelten Tönnchen, aus welchem nach kurzer Puppenruhe, teilweise auch nach Ueberwinterung die Fliege erscheint. — Im Walde jederzeit vorhanden, vermehren sich die Raupenfliegen bei Vorhandensein zahlreicher Raupen und dadurch gebotener reicher Gelegenheit zur Eiablage sehr rasch und leisten bei Bekämpfung von Raupenkalamitäten — so der Nonne, der Eule — eine sehr bedeutende Hilfe.

Bei den zu den Aderflüglern gehörigen Schlupfwespen oder Ichneumonen (s. Taf. I Fig. 2 u. 3) legt das Weibchen je nach der sehr wechselnden Größe der

1) Vergl. Ratzeburg, Die Ichneumonen der Forstinsekten. 3 T. 1844—1852.

betr. Art nur ein oder einige Eier, bei kleineren Arten aber deren oft eine sehr bedeutende Zahl mit Hilfe eines Legebohrers in die Larven, seltener in die Eier und Puppen, von Schmetterlingen, Käfern und Blattwespen ab. Aehnlich den Tachinen leben die ausschlüpfenden Lärvchen von den Säften des befallenen Tieres (des Wirtes) und bohren sich in der Regel nach vollendetem Wachstum aus dem Ei bezw. der nun zugrunde gehenden Larve heraus, um sich in einem Kokon, der meist auf dem Fraßobjekt klebt, zu verpuppen. Die Raupenkadaver sind oft geradezu mit solchen kleinen Kokons bedeckt — so beispielsweise jene des großen Kiefernspinners mit den zahlreichen weißen Kokons des kleinen Microgaster globatus. Aus den letztern schlüpfen nach kurzer Puppenruhe die Imagines, und da die ganze Entwicklung nur wenige Wochen in Anspruch nimmt — es sei denn, daß sie in den Raupen überwintern —, so ist die Vermehrung bei Vorhandensein reicher Gelegenheit zur Eiablage eine sehr bedeutende.

Ob Raupen angestochen sind, läßt sich bei nackten und hellfarbigen Raupen an den dunkeln Stichflecken erkennen, außerdem durch Sektion unschwer feststellen. Angestochene Raupen fressen noch mit großer Gier fort, kommen selbst noch zur Verpuppung (bei schwacher und erst spät erfolgter Besetzung), nie aber zur Entwicklung als Imago.

Die Bedeutung der Ichneumonen ist teils überschätzt worden, indem man glaubte, ihnen allein die Bekämpfung eines Raupenfraßes überlassen zu dürfen, teils unterschätzt, indem man darauf hinwies, daß sie in größter Zahl sich erst dann einstellten, wenn jene Kalamität ihrem naturgemäßen Ende nahe sei. Das Richtige dürfte in der Mitte liegen!

Ichneumonen wie Tachinen, jederzeit im Walde vorhanden, werden unter n o r m a l e n Verhältnissen durch ihre Lebensweise der Vermehrung der Raupen hindernd entgegentreten. Treten jedoch Verhältnisse ein, welche diese letztere besonders begünstigen (s. § 35), so werden die genannten Insekten die Vermehrung nicht hindern können, da ihre eigene Vermehrung eben erst durch das Vorhandensein einer größern Zahl von Raupen, die ihnen als Wirte, als Brutstätten dienen, bedingt ist; aber sie werden in solchem Fall dazu beitragen, die Zahl der Raupen rasch zu mindern und hiedurch die Kalamität abzukürzen. —

§ 37. M i t t e l d e r A b w e h r. Die Mittel zur Abwehr schädlicher Insekten sind zu unterscheiden als Mittel der V o r b e u g u n g und als solche der eigentlichen V e r t i l g u n g. Angesichts des Umstandes, daß die letztere bei bereits vorhandenen großen Insektenmengen schwierig, selbst geradezu unmöglich ist, wird es vor allem Aufgabe des Forstmannes sein, der Vermehrung der im Walde stets vorhandenen schädlichen Insekten nach Kräften v o r z u b e u g e n, mit den Mitteln der V e r t i l g u n g sofort in den ersten Stadien der Vermehrung zu beginnen.

Zu diesem Zweck ist in erster Linie nötig die rechtzeitige Entdeckung einer drohenden Insektengefahr, wie sie durch aufmerksame und fleißige Revision der Waldungen ermöglicht wird. Kenntnis der in den betreffenden Waldungen vorzugsweise zu fürchtenden Insekten, ihrer Lebensweise, der Oertlichkeiten, wo sie vor allem zu erwarten sind — der Insektenherde — wird hienach selbst dem einfachsten Schutzbediensteten nötig sein. Im Walde liegende Windbrüche, Schläge mit frischen Stöcken, frisch gefälltem Holz (Nadelholz), trockene Sandhügel mit geringen Beständen, kränkelnde Kulturen sind vor allem im Auge zu behalten; Bohrlöcher und Bohrmehl, Raupenkot, abgebissene Nadeln, rasch absterbende Stämme und Pflanzen, die Tätigkeit insektenfressender Vögel (Kuckucke, Krähen) und anderer Tiere (Wildschweine) verraten dem aufmerksamen Forstmann die sich mehrenden Feinde und lassen ihn zu rascher Abwehr schreiten.

Wir haben oben gesagt, daß eine Anzahl von Nadelholzinsekten (die Borken-, Bast- und Rüsselkäfer) ihre Brutstätten zunächst in Holz mit stockendem Saftfluß sucht, in frisch gefällten, gebrochenen oder sonst stark beschädigten Stämmen, frischen Stöcken u. dgl. Alle Mittel, durch welche wir den Insekten solche Brutstätten entziehen, werden daher als Vorbeugungsmittel zu betrachten sein: Rechtzeitige Aufarbeitung und Abfuhr oder Entrindung des Holzes, Rodung der Stöcke, Verbrennen des etwa wertlosen Astholzes einerseits, aber auch richtige Hiebsführung zur Vermeidung des Windbruches, rechtzeitige Durchforstungen als Mittel gegen Schneeschaden, Unterlassen der Führung großer Kahlschläge und ähnliche Mittel waldbaulicher Art anderseits.

Tritt aber trotz solcher Vorsichtsmaßregeln eine größere Insektenkalamität ein, wie dies namentlich nach bedeutenderen Beschädigungen des Waldes durch Sturm, Schnee, Brand auch ohne unsere Schuld der Fall sein kann, dann sind die Mittel der Vernichtung in Anwendung zu bringen. Auch sie schließen sich eng an die Lebensweise der einzelnen Insekten an, werden in jenem Stadium der Entwicklung vorzunehmen sein, in welchem eine möglichst massenhafte und vollständige Vertilgung am ersten tunlich; sie sind hienach bei den verschiedenen Insekten natürlich sehr verschieden und werden bei deren Besprechung näher bezeichnet werden.

§ 38. Größe und Beurteilung des Schadens. Der Nachteil, der durch die Insekten den Bäumen und Beständen zugeht, ist ein sehr verschiedener, kann sich auf einigen Zuwachsverlust und Störung freudiger und normaler Entwicklung beschränken, aber auch das Absterben der beschädigten Pflanzen und Stämme nach sich ziehen. Bei Laubhölzern tritt dies letztere nur selten und dann an Pflanzen oder schwächern Stämmen ein, dagegen sehen wir bei Nadelhölzern die stärksten Stämme und ausgedehnte Bestände in oft kurzer Zeit vernichtet.

Am gefährlichsten erweist sich stets die Zerstörung der Safthaut oder der Wurzeln, während eine Zerstörung der Blätter und Nadeln von den reproduktionskräftigen Laubhölzern überwunden wird, von den Nadelhölzern aber wenigstens dann überwunden werden kann, wenn die Knospen für das nächste Frühjahr schon ausgebildet waren; ist dies nicht der Fall, so wird ein Kahlfraß stets das Absterben nach sich ziehen, während die Laubhölzer sich mit Hilfe der Johannitriebe neu begrünen. — Auf frischem, kräftigem Boden ist die Erholungsfähigkeit beschädigter Kulturen und Bestände stets größer, als auf geringem, trockenem Standort, ebenso in feuchtem, regenreichem Sommer gegenüber anhaltender Trockenheit.

War die Insektenbeschädigung eine lokal eng begrenzte, so wird man sich nicht scheuen, stärker beschädigte Bestände abzutreiben; bei großer Ausdehnung des Fraßes ist es aber von Wichtigkeit, zu entscheiden, welche Bestände tötlich beschädigt seien, welche dagegen die Hoffnung auf Erhaltung und Erholung geben, damit man den Markt nicht unnötig überfülle, aber auch durch verzögerte Aufarbeitung nicht die Qualität des Holzes, die durch Stocken, Blau-Werden etc. rasch eine geringere wird, beeinträchtige.

Schlaffe Knospen, bräunliche Flecken auf Bast und Splint, allerlei Insekten unter der Rinde sind schlechte Zeichen, kräftige Knospen, gesunde Safthaut lassen, zumal auf besserem Boden und bei jüngeren Beständen, Erholung hoffen; bei letzteren wird man überhaupt mit dem Einschlag länger zögern, als bei einem an sich haubaren Bestand. — Rasche Aufarbeitung des abgestorbenen Holzes, Entrindung, Aufspalten, Aufstapeln auf trockenen luftigen Lagerplätzen beugt der Qualitätsminderung möglichst vor.

§ 39. Einteilung der schädlichen Forstinsekten. Die Ein-

teilung und Gruppierung der schädlichen Forstinsekten kann in mannigfacher Weise erfolgen; man kann sie gruppieren nach ihrer systematischen Einteilung als Käfer, Schmetterlinge, Netzflügler usw.; nach der beschädigten Holzart als Laub- und Nadelholzinsekten, nach dem Alter der gefährdeten Bestände als Bestandsverderber und Kulturverderber, nach den beschädigten Stammteilen als Holzverderber, Blattverderber, Wurzelverderber usw., als technisch oder physiologisch schädliche Insekten, endlich als sehr schädliche, merklich schädliche und wenig schädliche. Wir halten es für das zweckmäßigste und übersichtlichste, diese Einteilung nach den zwei großen und der Hauptsache nach geschiedenen Gruppen der Nadelholz- und Laubholz-Insekten vorzunehmen und innerhalb jeder dieser Gruppen zunächst die Käfer, dann die Schmetterlinge und anschließend die wenigen den übrigen Insektenklassen angehörigen Insekten zu besprechen, welche sich als forstschädlich erweisen.

Dem Zweck und begrenzten Umfang vorliegender Abhandlung entsprechend müssen wir uns auf eine kurze Besprechung der schädlichsten und am häufigsten auftretenden Forstinsekten beschränken, glauben aber doch auch jene anführen zu sollen, welche, wie z. B. Harzgallenwickler und Deformitäten-Erzeuger verschiedener Art, zwar meist keinen wesentlichen Schaden verursachen, jedoch durch die auffallende Art ihrer Beschädigung die Aufmerksamkeit im Walde auf sich ziehen.

A. Nadelholz-Insekten.

I. Käfer.

§ 40. **Die Borkenkäfer im allgemeinen**[1]). Die Borkenkäfer (Scolytidae) gehören zu den gefährlichsten Feinden des Nadelholzes, indem sie, in der Regel die Safthaut zerstörend, die stärker befallenen Stämme rasch zum Absterben bringen; auch auf Laubholz kommt eine Anzahl vor (s. § 66), lebt aber vorzugsweise im Splint und gefährdet die Bäume dadurch in minderem Grad. Zur Vermeidung von Wiederholungen erscheint es zweckmäßig, die Lebensweise der Borkenkäfer und die auf diese gegründeten Verhütungs- und Vertilgungsmaßregeln zuerst im allgemeinen zu besprechen.

Die erstmalige Schwärmzeit der Borkenkäfer ist im Frühjahr, bei einigen Arten schon sehr zeitig, an den ersten warmen und sonnigen Tagen des März (Frühschwärmer), bei andern erst im April und selbst Mai (Spätschwärmer). Stets erfolgt das Schwärmen nur bei günstiger Witterung, und möglichst rasch bohren sich die Käfer meist paarweise in die als Brutstätten ausgewählten Stämme bezw. Pflanzen ein. Als solche Brutstätten suchen sie nun vor allem kränkelndes Material mit etwas stockendem Saftfluß, und vermeiden bereits zu trocken gewordenes Holz, in welchem die Brut aus Nahrungsmangel zugrunde gehen müßte, ebenso wie gesunde Stämme, in welchen der starke Harzfluß die alten Käfer töten würde. Frisch gefällte Stämme, Windbrüche, durch Schnee und Sturm beschädigte, entwipfelte, gehobene Stämme, frisches Stock- und Reisigholz sind solche ihnen vor allem zusagende Brutstätten, die sie durch den Harzgeruch gelockt auf weithin zu finden wissen; fehlen ihnen bei großer Vermehrung solche Brutstätten, so gehen sie notgedrungen an grüne Stämme, in denen allerdings anfänglich eine große Zahl durch den Harzfluß zugrunde gehen mag, bis schließlich der durch Tausende kleiner Wunden verletzte Stamm in kränkelnden Zustand gerät und nun die gewünschte Brutstätte bietet. Hierin, in dem Be-

1) Eichhoff, Die europäischen Borkenkäfer 1881. Barbey, Die Bostrichiden von Zentral-Europa 1901.

fallen gesunden Holzes bei großer Vermehrung, ist dann auch der oft außerordentliche Schaden begründet, den einzelne Arten anzurichten vermögen.

Die Begattung findet teils vor, teils während des Einbohrens statt, teils erst im Stamm, und in letzterem Fall wird hiezu eine größere Höhlung in die Safthaut zunächst dem Eingang eingebissen und bei der Paarung als sog. Rammelkammer benützt, von welcher dann der für die Borkenkäfer charakteristische gleichbreite Muttergang (bisweilen auch deren mehrere) ausgeht, in welchem die Eiablage erfolgt. Die Breite dieser Muttergänge ist durch die Größe der alten Käfer bedingt; sie verlaufen teils in und unter der Rinde, zumeist in den kambialen Schichten und den Splint nur berührend (Rindenbrüter), teils in dem Holzkörper selbst (Holzbrüter), und werden in ersterem Fall als Rindengänge, im zweiten als Holzgänge bezeichnet, und dies sowohl, wie die Art und Weise des Verlaufes ist für die einzelnen Arten verschieden, für ihre Bestimmung von wesentlicher Bedeutung. Man unterscheidet:

Lotgänge oder Längsgänge, in der Längsrichtung des Stammes verlaufend.

Wagegänge oder Quergänge, in peripherischer Richtung angelegt.

Sterngänge, strahlenförmig von der gemeinsamen Rammelkammer ausgehend.

Die sog. Familien- und Leitergänge (s. unten) sind keine Muttergänge.

In den sehr verschieden langen Muttergängen erfolgt nun die Eiablage, meist einzeln in links und rechts eingebissene kleine Vertiefungen, bisweilen partienweise am Ende eines kurzen Mutterganges; die Zahl der Eier, deren Ablage binnen 3—4 Wochen erfolgt, ist oft eine sehr große, steigt bis auf 100 Stück an. — Aus den Eiern entwickeln sich nach etwa 14 Tagen die fußlosen, schmutzigweißen Larven mit braunem Kopf und beginnen nun ihren Fraß in der Safthaut; die anfänglich sehr schmalen, mit dem Wachstum der Larve stets breiter werdenden Larvengänge stehen anfänglich ziemlich rechtwinklig zu dem Muttergang, werden beim Breiterwerden stets weiter auseinander gedrängt, da die Larven das Berühren von Nachbargängen sorgfältig vermeiden, und der Verlauf wird hiedurch, wie durch die Nähe eines andern Mutterganges und daraus hervorgegangener Larvengänge ein oft außerordentlich unregelmäßiger und damit auch die außerdem meist sehr charakteristische Fraßfigur, welche im Zusammenhalt mit der Größe der Bohrlöcher und der Breite der Muttergänge die Erkennung der Art, welche den Schaden verübt hat, ermöglicht, auch wenn der Käfer nicht mehr zu finden ist. Sind die Eier partienweise abgelegt worden und fressen die daraus entstandenen Larven gemeinsam, so entstehen sog. Familiengänge; Leitergänge sind kurze, zapfenartig rechtwinklig zum Muttergang stehende und nur zur Verpuppung dienende Larvengänge, und finden sich solche nur bei einer im Holz lebenden Art (s. § 48).

In der Regel aber erfolgt diese Verpuppung nach 8—10wöchentlicher Dauer, bezüglich deren Länge die Witterung bezw. die Wärme eine große Rolle spielt, von der Eiablage an gerechnet, am Ende der Larvengänge in eingebissenen muldenförmigen Vertiefungen, den Wiegen; die Puppen sind gemeißelt, zeigen alle Teile des fertigen Insekts, sind aber weiß und weich. Allmählich dunkler, gelb bis schwarzbraun werdend, entwickeln sie sich binnen etwa 8 Tagen zum Imago, das bei schlechter Witterung noch einige Tage in der Safthaut frißt, bei wärmerem trockenem Wetter aber sich durch die Rinde nach außen bohrt, Fluglöcher hinterlassend, um bei vielen Arten sofort zu schwärmen und eine neue Generation abzusetzen, die in den meisten Fällen noch im gleichen Jahr zur Entwicklung kommt und unter besonders günstigen Verhältnissen sogar noch schwärmt, während in den übrigen Fällen

die Käfer unter der Rinde, an Stöcken, Wurzeln und sonst geschützten Orten überwinternd erst im folgenden Frühjahr schwärmen. Die Generationsfrage hat im letzten Jahrzehnt zu lebhaften Debatten[1]) geführt; als deren Resultat dürfte festgestellt sein, daß einige Borkenkäferarten infolge rascher Reifung der Geschlechtsorgane nur wenige Tage als Imago in der Puppenwiege verweilen und sofort nach dem Ausfliegen zu einer neuen Brut schreiten — so die Eccoptogaster-(Scolytus-)Arten. Bei einer viel größeren Gruppe ist zu jener Reifung eine längere Zeit nötig, was bei einem Teil — den Hylesinen — zu e i n f a c h e r Generation führt, während bei einem andern, den Tomicus-(Bostrichus-)Arten, diese Zeit der Reifung nicht lange genug ist, um eine d o p p e l t e Generation zu verhindern. Diese doppelte Generation in Verbindung mit der großen Zahl der abgelegten Eier erklärt die große und rasche Vermehrung der Borkenkäfer.

Auch die Feststellung, daß die Mutterkäfer längere Lebensdauer besitzen, zu wiederholter Eiablage befähigt sind, verdient Erwähnung.

§ 41. V o r b e u g u n g u n d V e r t i l g u n g. Wie bei allen Insekten, so ist auch bei den Borkenkäfern die Vorbeugung, die Verhütung einer größern Vermehrung der jederzeit in beschränkter Zahl im Wald vorhandenen Individuen von besonderer Wichtigkeit. Als Mittel hiezu dient in erster Linie die möglichste Entziehung der Brutstätten, also rechtzeitige Entfernung (oder Entrindung) des im Walde liegenden Holzes, der Windbrüche, kränkelnder Stämme, frischen Stock- und Reisigholzes; alle Wirtschaftsmaßregeln, durch welche wir schädlichen Naturereignissen, Sturmschäden, Schnee- und Duftbrüchen u. dgl. vorbeugen, sind zugleich Vorbeugungsmittel gegen die Borkenkäfer, denen durch solche Naturereignisse reichliche Brutstätten geboten werden, und alle größeren durch diese Insekten verursachten Waldbeschädigungen der Neuzeit sind Folgen von Wind- und Schnee-Beschädigungen gewesen.

Das Vorhandensein der Borkenkäfer im Walde aber erkennen wir bei liegenden Stämmen an dem hellen Bohrmehl, welches die Käfer bei Anfertigung ihrer Muttergänge durch das Eingangsloch sowie durch die im Muttergang in kleinen Abständen angebrachten Luftlöcher herausschaffen und das in kleinern oder größern Häufchen zwischen den Rindenschuppen liegt; am stehenden Stamm finden wir dies Bohrmehl etwa an Spinnweben hängend am untern Teil des Baumes, sehen auch die ausgetretenen weißen Harztröpfchen. Zahlreiche unregelmäßig beisammen stehende Fluglöcher sagen uns, daß die Käfer bereits ausgeflogen seien.

Als Mittel, um uns von der Zahl der vorhandenen Individuen zu überzeugen, der stärkern Vermehrung vorzubeugen, und eventuell als Vertilgungsmittel im großen dienen uns nun die sog. F a n g b ä u m e[2]). Man versteht darunter Stämme, welche man in allen Oertlichkeiten, in denen man die Gegenwart von Käfern vermutet, wirft, um letztere zur Absetzung ihrer Brut in den Stämmen, Stöcken, Aesten zu veranlassen und sich hiedurch einen Anhalt über deren größere oder geringere Zahl und eventuell durch Darbietung weiteren und zahlreicheren derartigen Brutmateriales die Möglichkeit tunlichster Vertilgung zu verschaffen. Diese Fangbäume müssen zeitig und vor Eintritt der Schwärmzeit gefällt werden; im Frühjahr dient häufig das noch allenthalben unabgefahren im Wald befindliche Holz aus der Winterfällung zu diesem Zweck. Da aber die meisten Borkenkäfer eine doppelte Generation

1) Vergl. Dr. K n o c h e im Forstw. Z.-Bl. 1900, 1904, 1908), der insbesondere auf den großen Einfluß der jeweiligen Temperatur auf die Entwicklung der Käfer und damit auf die einmalige oder doppelte Generation hinweist.

2) Vergl. über Fangbäume die Kontroversen von E i c h h o f f und A l t u m in Z. f. F. u. J. 1882 und 1883.

haben, so ist es nötig, auch im Sommer frische Fangbäume den Käfern zur geeigneten Zeit darzubieten, wobei zu beachten ist, daß die Käfer entsprechend der wochenlang dauernden Eiablage im Sommer nicht so gleichzeitig schwärmen, wie dies im Frühjahr der Fall zu sein pflegt, und daß zur heißen Zeit die Fangbäume verhältnismäßig rasch austrocknen und nicht mehr angegangen werden. In Nadelholzrevieren, in denen die verschiedensten Borkenkäfer, Früh- und Spätschwärmer, vorzukommen pflegen, wird man deshalb gut tun, nach Abfuhr des von den Winterfällungen stammenden Holzes wiederholt in kürzeren Intervallen solche Fangbäume zu werfen.

Diese sind nun fleißig zu revidieren, im Falle sie sich rasch stark besetzt zeigen sollten, zu vermehren und rechtzeitig zu entrinden. Dies Entrinden soll nicht zu bald geschehen, damit die darin befindlichen oder noch neu anfliegenden Käfer zur vollständigen Eiablage gelangen; sind die ältesten Larven nahezu ausgewachsen, dann entrindet man und verbrennt die Rinde, welch' letztere Maßregel namentlich dann notwendig wird, wenn größere Mengen solcher Rinden an einem Platz anfallen, die betr. Larven schon weit in der Entwicklung vorgeschritten sind, vielleicht schon im Stadium der Verpuppung sich befinden und tiefer in der Rinde liegen. Entgegengesetzten Falles genügt auch das Legen der abgeschälten Rindenstücke in die Sonne, die Safthaut nach oben — in kurzer Zeit sind die noch schwachen Larven abgestorben. Befallenes Reisig wird man verbrennen, Stockholz verkohlen.

§ 42. Einteilung der Borkenkäfer. Man teilt die Borkenkäfer in drei Hauptgruppen:

1. Splintkäfer Scolytus (Eccoptogaster), mit schief abgestutztem Hinterleib, nur im Laubholz, und forstlich von geringerer Bedeutung.

2. Bastkäfer, Hylesinus, die Flügeldecken über den Absturz des Hinterleibes herabgehend, vorwiegend in Nadelhölzern und zwar stets im Bast oder flach im Splint, nie im Holz lebend, vielfach in Wurzeln brütend.

3. Eigentliche Borkenkäfer, Tomicus (Bostrichus), die Flügeldecken am Absturz oft eingedrückt und gezähnt, der Mehrzahl nach im Nadelholz, in geringerer Zahl im Laubholz lebend, teils unter der Rinde, teils tief im Holz die Brut absetzend, nie aber in den Wurzeln brütend[1]).

Von der großen Menge verschiedener Borkenkäfer, welche sich in unsern Nadelholzwaldungen finden, ist es immerhin nur eine kleine Zahl von eigentlichen Borkenkäfern und Bastkäfern, die zu den in höherem Grad schädlichen zu rechnen ist und nachstehend spezielle Besprechung finden soll.

§ 43. Der Fichten- oder achtzähnige Borkenkäfer, Tomicus typographus (s. Taf. 1 Fig. 12). Dieser Borkenkäfer, einer der größten und wohl der verbreitetste und schädlichste, ist 4—6 mm lang, schwarz mit bräunlichgelber Behaarung und mit rötlichgelben Fühlern und Beinen; die Flügeldecken zeigen vertiefte Kerbstreifen und an der schräg abgestutzten Spitze jederseits vier gleichweit entfernte Zähne, von denen der dritte der größte ist.

Er ist vorzugsweise im Bergland zu Hause und ist in den Mittelgebirgen unter seine Vermehrung begünstigenden Umständen schon wiederholt außerordentlich verderblich aufgetreten, während seine Vermehrung in den eigentlichen Hochlagen eine begrenzte ist. Er gehört zu den Spätschwärmern, je nach der Höhenlage im April bis Ende Mai schwärmend, und lebt fast ausschließlich in Fichten, wird nur ausnahmsweise auch in Föhren und Lärchen gefunden; stets befällt er ältere Bestände und auch in diesen wieder die stärkeren, bereits rauhborkig gewordenen untern Stammteile,

1) Die einzige Ausnahme bezüglich des Brütens in Wurzeln dürfte Tomicus autographus sein. S. Judeich und Nitsche Bd. I S. 454.

nur im Notfall, bei übermäßiger Vermehrung und mangelndem Brutmaterial auch die oberen, dünnberindeten. Wie alle Borkenkäfer bevorzugt auch er Holz mit stockenden Säften, frisch gefällte, vom Sturm geworfene oder geschobene, vom Schnee entwipfelte oder sonst beschädigte Stämme, schon zu trockenes Material ebenso meidend wie ganz gesunde Stämme, welch' letztere er erst dann anfällt, wenn das vorhandene kränkelnde Material zum Absatz der Brut nicht ausreicht.

Die Käfer bohren sich zwischen Rindenritzen ein, hiebei größere Mengen braunen Bohrmehls auswerfend, fertigen zunächst unter der Rinde die sog. Rammelkammer, in welcher die Begattung vor sich geht, und nun frißt das Weibchen, von dieser ausgehend, den Mutter- oder Brutgang, einen bis 15 cm langen nach oben oder unten, auch, wenn 2 Weibchen vorhanden, nach beiden Seiten gehenden Lotgang, der von Zeit zu Zeit ein nach außen gehendes Bohrloch — Luftloch — zeigt. In rechts und links eingebissene kleine Vertiefungen legt nun das Weibchen innerhalb einiger Wochen bis gegen 100 Eier ab, aus denen etwa 14 Tage nach der Ablage die weißen Larven kriechen, die seitwärts geschlängelte, stets breiter werdende, bis 10 cm lange Gänge in der Safthaut fressen und sich an deren Ende in einer in die Rinde eingenagten Wiege verpuppen. Sind die Stämme stark befallen, verlaufen zahlreiche Muttergänge nahe beieinander, so geht ein großer Teil der Larven wegen Mangel an Raum für ihre Gänge zugrunde, verkümmert, ebenso vertrocknen sie, wenn die Brut in rasch austrocknendes Material abgesetzt oder letzteres zu raschem Trocknen durch Aufspalten, Lagern in der Sonne gebracht wurde. — Aus der anfänglich weißen gemeißelten Puppe entwickelt sich binnen 8 Tagen der zuerst hellgelbe, allmählich nachdunkelnde Käfer, der bei ungünstiger Witterung noch einige Tage um die Wiege herum in der Safthaut frißt, bei günstiger sich alsbald durch ein kreisrundes Flugloch herausbohrt; die ganze Entwicklung vom Ei bis zum Imago mag durchschnittlich 8, unter ungünstigen Verhältnissen bis 12 Wochen dauern.

Die erste Generation, je nach Schwärmezeit und Entwicklungsdauer im Juni bis Juli fertig geworden, setzt nun nach einem 14 Tage bis 4 Wochen dauernden Ernährungsfraß der Jungkäfer eine zweite Brut ab, die bis zum Herbst fertig wird und dann in Gestalt unbegatteter Käfer zu überwintern und im nächsten Frühjahr zu schwärmen pflegt; doppelte Generation ist als Regel zu betrachten, Eichhoff behauptete sogar unter günstigen Umständen eine dreifache, während im eigentlichen Hochgebirge die Generation infolge späten Schwärmens und langsamer Entwicklung meist eine einfache bleiben wird.

Die große Zahl der Eier, die doppelte Generation erklären die rasche Vermehrung dieses Insektes, wenn ihm durch schädliche Naturereignisse — Wind- und Schneebruch — Brutstätten in reicher Menge geboten werden, und der durch diese Ereignisse verursachte Schaden ist nicht selten durch die nachfolgenden Insektenverheerungen noch wesentlich gesteigert worden. Alle von dem Käfer nur einigermaßen stärker befallenen Stämme sterben infolge der Zerstörung der Safthaut verhältnismäßig rasch ab, doch findet man die abgestorbenen Stämme stets schon von den Käfern verlassen.

Alle gegen die Borkenkäfer überhaupt anzuwendenden Vorbeugungs- und Vertilgungsmittel, wie sie oben (§ 41) erwähnt wurden, finden dem Fichtenborkenkäfer gegenüber Anwendung, und ist besonders darauf Bedacht zu nehmen, daß auch die zweite Generation eine genügende Anzahl hinreichend frischer Fangbäume vorfindet.

Als eine der großartigsten, vorwiegend durch T. typographus verursachten Käferbeschädigungen ist der Borkenkäferfraß im böhmischen und anstoßenden bayrischen Wald in den Jahren 1871—1875 zu erwähnen, woselbst nach vorher-

gegangenen schweren Sturmbeschädigungen noch Millionen von Festmetern vom Käfer getötetes Holz eingeschlagen werden mußten [1]).

§ 44. Der große Kiefernborkenkäfer, Tomicus stenographus (sexdentatus). Der größte bei uns vorkommende Borkenkäfer, 6—8 mm lang, schwarz mit bräunlichgelber Behaarung, nach hinten etwas schmäler werdend, mit tief gekerbten punktierten Flügeldecken, am Absturz tief und scharfrandig eingedrückt und jederseits sechszähnig. Seine Größe schützt ihn vor Verwechslung mit anderen Borkenkäfern.

Er kommt auf den verschiedenen Pinus-Arten vor, ist jedoch viel seltener als B. typographus und fehlt in manchen Föhrengebieten gänzlich. Ein Spätschwärmer, fällt er am liebsten stärkere liegende Föhrenstämme an, bohrt sich jederzeit in den dickborkigen Teil ein und fertigt hier 20—30 cm lange, verhältnismäßig breite Muttergänge, welche zwar als Lotgänge bezeichnet werden müssen, doch auch seitlich abweichen und sich selbst gabeln. Im übrigen gleicht seine Lebensweise jener des Fichtenborkenkäfers, auch bez. der früher mehrfach bezweifelten doppelten Generation.

Da er nur ausnahmsweise stehende Stämme anfällt, so sind besondere Vorbeugungsmaßregeln gegen ihn kaum nötig und genügt das Entrinden der von ihm im Frühjahr befallenen Fangbäume bez. des von den Fällungen her noch im Walde befindlichen Holzes wohl stets, um seine Vermehrung zu hindern.

§ 45. Der sechszähnige Fichtenborkenkäfer, Tomicus chalcographus. Dieser kleine Borkenkäfer ist nur ca. 2 mm lang, unbehaart, fettglänzend mit dunklem Halsschild und rötlichbraunen fein streifig punktierten, gegen die Spitze zu glatten Flügeldecken, an dem eingedrückten Absturz mit je drei Zähnen beiderseits.

Er gehört zu den häufig auftretenden Borkenkäfern und kommt nicht selten gleichzeitig mit T. typographus am selben Stamm vor, wobei er dann stets die obern, dünnberindeten Stammteile bewohnt; auch an schwächerem Stangenholz findet er sich häufig. Seine Brutgänge sind sehr charakteristisch, indem sie, der geringen Größe des Käfers entsprechend, als sehr schmale Sterngänge in der Basthaut von einer mehr in der äußern Splintschichte liegenden Rammelkammer ausgehend verlaufen. Er schwärmt etwas früher als T. typographus, hat gleich diesem eine doppelte Generation und befällt, wie schon erwähnt, an stärkern Stämmen vorwiegend die obern Stammteile, hiedurch wohl häufig die befallenen Individuen in kränkelnden Zustand versetzend und zu geeigneten Objekten für die Angriffe des erstgenannten Käfers machend; der Harzfluß scheint ihm minder gefährlich zu sein, als diesem letztern.

Die Verhütungs- und Vertilgungsmaßregeln sind die schon genannten, doch dürfte zu erstern auch die Entfernung alles unterdrückten, kümmernden Materiales durch fleißige Durchforstung der Fichtenstangenhölzer zu rechnen sein.

§ 46. Der krummzahnige Tannenborkenkäfer, Tomicus curvidens. Der 2,5—3 mm lange Käfer ist schwarz, bräunlichgelb behaart, das Weibchen mit gelbem Haarschopf auf der Stirne; die Flügeldecken haben tiefe Kerbstreifen, sind feinreihig punktiert, die Seitenreihen des steilen Absturzes beim Männchen jederseits mit 5—7 Zähnen besetzt, wovon der 1., 2. und 5. hackenförmig gekrümmt, während das Weibchen auf jeder Seite nur 3—4 stumpfe Zähne zeigt.

Der Käfer bewohnt fast nur die Tanne, als seltene Ausnahme andere Nadelhölzer, befällt in erster Linie einzeln stehende stärkere Bäume, Randstämme und diese meist zunächst in den obern Stammteilen. Ein Frühschwärmer, hat er jeden-

1) Vergl. Altum, Forstzoologie III. 1. S. 295. (1881).

falls eine doppelte Generation, die Muttergänge sind oft sehr ausgeprägte, doppelarmige Wagegänge, weichen aber nicht selten von dieser Gestalt in mannigfachster Weise durch schrägen, geknickten, zackigen Verlauf ab, werden aber nie zu Lotgängen; sowohl die Mutter- wie die Larvengänge greifen etwas in den Splint ein, so daß sowohl die Bastseite der Rinde, wie die äußere Splintschichte die Fraßfigur zeigt; die Puppenwiegen aber liegen zum größern Teil in der Splintschichte.

Bei einigermaßen aufmerksamer Wirtschaft wird man den T. curvidens meist auf das Maß der Unschädlichkeit beschränken können, in manchen Fällen hat er sich in Weißtannenbeständen als ein sehr lästiger Feind erwiesen. Befallene Bäume sind stets rechtzeitig und vor der Verpuppung zu schälen, da, wenn letztere schon eingetreten, ein großer Teil der im Splint liegenden Puppen bei der Entrindung nicht mit vernichtet wird. In einem stets aufmerksamen Auge auf den Wald, in rechtzeitiger Entdeckung und Entfernung der meist vereinzelt befallenen Stämme liegt bei diesem Borkenkäfer der Schwerpunkt der Vorbeugung, da Fangbäume wenig Erfolg haben.

Ein zweiter, in Tannen vorkommender Borkenkäfer ist der sehr kleine T. piceae, welcher stellenweise auch schon sehr lästig geworden ist.

§47. Der zweizahnige (zweihakige) Kiefernborkenkäfer, Tomicus bidens (bidentatus). Ein kleiner nur 2—2,3 mm langer Borkenkäfer, schwarz, glänzend, fein behaart, die Flügeldecken meist pechbraun mit feinen Punktstreifen; das Männchen am Flügeldecken-Absturz mit breitem, flachem und glattem Eindruck, der jederseits am obern Rand, einen großen hakenförmig nach unten gekrümmten Zahn trägt.

Der Käfer pflegt sich in allen größeren Kiefernwaldungen zu finden, geht neben der Kiefer auch alle übrigen Pinus-Arten an, und befällt ausnahmsweise und wohl nur bei Mangel anderen passenden Brutmateriales auch Fichten. Stets sind es die dünnrindigen Stammteile: die Aeste und Zweige, die oberen glattrindigen Teile der Stämme und Stangen, die er befällt, mit besonderer Vorliebe aber geht er an jüngere, bis zu 6 und 10 Jahre alte Kulturen, und hat in solchen schon sehr bedeutende Verheerungen angerichtet.

Er ist ein Spätschwärmer, und oft verschiebt sich die Schwärmperiode bis in den Juni. Von der meist ziemlich geräumigen Rammelkammer gehen 3—7 Muttergänge sternförmig aus, durch eine eigentümlich geschwungene Gestalt und das Bestreben, sie in der Längsrichtung des Stammes anzulegen, charakterisiert. Die geschlängelten Larvengänge greifen etwas, die Wiegen ziemlich stark in den Splint ein. Die Generation ist eine doppelte; Regel ist wohl das Ueberwintern der 2. Generation als fertige Käfer. Reine Wirtschaft im Walde: Entsprechende Entfernung kümmernder Stangen im Durchforstungsweg, rechtzeitige Abfuhr des Reisigholzes, ist neben der Darbietung entsprechenden Brutmateriales in Gestalt frischen Reisigs namentlich auch in der Sommer-Schwärmperiode das Mittel der Vorbeugung gegen den oft sehr schädlichen Käfer; das Reisig der für andere Föhrenborkenkäfer gefällten Fangbäume dient als Brutmaterial für T. bidens und wird, wenn mit Brut besetzt, verbrannt. Nimmt man wahr, daß Kulturen von ihm befallen sind, so ist das Ausreißen oder Abhauen und Verbrennen der kränkelnden Pflanzen als Vertilgungsmittel anzuwenden.

§ 48. Der Nutzholz-Borkenkäfer, Xyloterus (Trypodendron) lineatus. Der 2,8—4 mm lange schwarze Käfer hat trüb gelblichbraune Flügeldecken, ebensolche Fühler und Beine, und auf den Flügeldecken drei dunkle Längsstreifen — Naht, Seitenrand und Mittelstreifen — denen er seinen Namen „lineatus“ verdankt; die Flügeldecken sind ohne Eindruck, Einkerbung oder Zähne.

Er kommt nur in Nadelholz, jedoch in allen Arten vor und scheint insbesondere das Holz der Weißtanne zu bevorzugen; er befällt fast nur liegendes, frisch gefälltes Holz und dessen zurückgebliebene Stöcke, selten noch stehendes, wenn auch kümmerndes Holz. Im Innern des Holzes seine Brut absetzend, gehört er zu den technisch schädlichen Insekten und zeigt in seiner Lebensweise sehr wesentliche Abweichungen von jener der übrigen Borkenkäfer.

Sehr frühzeitig, im März oder Anfang April schwärmend, befällt er sofort das zu jener Zeit von den Winterfällungen her wohl allenthalben noch in größerer Menge im Wald befindliche gefällte Stamm- und Schichtholz, und bohrt das begattete Weibchen sich 4—5 cm tief senkrecht zur Stammachse in das Holz ein, von hier aus seitwärts senkrecht zur Eingangsröhre und meist dem Verlauf eines Jahresringes folgend einen Muttergang fressend, in welchem die Eier in kleinen Partien abgelegt werden. Die ausschlüpfenden Larven leben im Muttergang vorwiegend wohl von den aus den Wänden desselben schwitzenden Säften, fertigen keine Larvengänge; zur Verpuppung reif, fressen sie sich eine kurze, nur 5 mm lange und senkrecht nach oben oder unten zum Muttergang stehende Puppenwiege, und diese Puppenwiegen bilden im Verein mit dem Muttergang den sog. Leitergang. Nach der Entwicklung zum Imago verlassen sie ihren Aufenthaltsort durch den Muttergang und fressen sich also nicht, wie die übrigen Borkenkäfer, eigene Fluglöcher. — Die Generation ist eine doppelte.

Am Schichtholz unschädlich kann der Nutzholzborkenkäfer am Stamm- und insbesondere an dem Blochholz sehr schädlich werden, indem er, dasselbe durchlöchernd, dessen Nutzholzwert wesentlich herunterdrückt, den Holzhändlern Veranlassung gibt, die Qualität des Holzes und dessen Wert tiefer herabzusetzen, als faktisch der Fall ist; denn da die Gänge nicht tief ins Holz gehen, so sind es nur die äußern, an sich minderwertigen Splintholzschichten, welche beschädigt werden. Immerhin kann der finanzielle Nachteil für den Waldbesitzer ein sehr bedeutender sein.

Als Mittel gegen diese Beschädigungen und gegen die Vermehrung des Käfers erscheinen: rechtzeitige Abfuhr des wertvolleren Nutzholzes vor der ersten Schwärmperiode und bezw. rechtzeitige Fällung und Verwertung; Entrinden des Stammholzes, wenn dessen Abfuhr nicht rechtzeitig erfolgen kann, damit es in den äußern Schichten rasch abtrockne, da es dann vom Käfer minder gern angegangen wird. Befallenes Schichtholz wird zum Zweck des raschen Austrocknens aufgespalten — die darin befindliche Brut geht dann zugrunde —, oder gleich dem etwa zur zweiten Schwärmperiode geworfenen Brutmaterial, geringwertigem Stammholz, verkohlt.

§ 49. Der große Kiefernmarkkäfer, Waldgärtner, Hylurgus (Myelophilus) piniperda (Taf. I, Fig. 11). Der 4—4,5 mm lange Käfer ist länglich, fast walzenförmig, schwarz und glänzend, dünn behaart mit hellbraunen Fühlern und Tarsen; die mit Querrunzeln versehenen Flügeldecken sind mit groben Punktreihen und zwischen diesen mit kurz behaarten Höckerchen versehen; an dem gerundeten, weder eingedrückten noch gezähnten Absturz hört die zweite Höckerreihe, von der Naht gerechnet, plötzlich auf, so daß dieser zweite Zwischenstreif hier vertieft erscheint.

Der Markkäfer lebt vorzugsweise auf der Föhre, befällt jedoch auch alle deren Verwandte aus der Gattung Pinus, insbesondere auch die Weymouthskiefer. Er gehört zu den Frühschwärmern, fliegt in den ersten schönen Tagen des März, bisweilen noch früher, und bohrt sich dann möglichst rasch in die dickborkigen unteren Stammteile des frisch gefällten Holzes, hoher Stöcke, eventuell kränkelnder Stämme ein, hiezu stets Rindenritzen wählend, da ihm dies Einbohren hiedurch erleichtert wird;

starke Bohrmehlhäufchen zwischen den Rindenschuppen verraten die Anwesenheit des Insekts.

Das Weibchen fertigt nun einen vom Eingangsloch aus mit charakteristisch gebogenem Anfang (Krücke) versehenen, in der Längsrichtung des Stammes verlaufenden einarmigen Muttergang (Lotgang) von 8—10 cm Länge und legt, gleichzeitig mit Herstellung dieses Ganges, in links und rechts eingebissene Einkerbungen seine zahlreichen Eier innerhalb 3—4 Wochen ab; man hat deren bis zu hundert in einem Muttergang gezählt. Das Eingangsloch ist häufig durch einen sehr ins Auge fallenden „Harztrichter" gekennzeichnet. Der Muttergang führt am stehenden Stamm stets von dem Eingangsloch aufwärts. Die nach etwa 14 Tagen ausschlüpfenden Larven fressen seitwärts geschlängelte, bis 7 cm lange Gänge in Bast und Rinde, den Splint nur berührend, verpuppen sich an deren Ende in Rindenwiegen und nach etwa 10—12 Wochen vom Beginn des ersten Schwärmens an, also meist im Monat Juni, fliegen die ersten Käfer aus, während die später abgesetzte Brut, sowie jene in rauhen Lagen, in schattig gelagertem Material erst im Juli zur Entwicklung gelangt.

Die Frage, ob der Markkäfer eine einfache oder doppelte Generation habe, ist durch Dr. Knoches Forschungen[1]) wohl dahin entschieden, daß die Generation infolge der langsamen Geschlechtsausreifung der Jungkäfer wenigstens in Deutschland eine überwiegend einfache ist, neuer Befall im Sommer von Altkäfern herrührt, die zum zweiten Mal eine Brut absetzen. Die im Juni und Juli erscheinenden Jungkäfer beginnen eine andere verderbliche Tätigkeit.

Diese besteht nun darin, daß sich die Käfer in die jüngsten — heurigen und auch vorjährigen — Triebe älterer Föhren einbohren und nun zu ihrer Ernährung die Markröhre durch einen walzenförmigen Gang ausfressen; das Eingangsloch ist hiebei häufig durch einen wallartigen Harztrichter charakterisiert. Den ausgefressenen Trieb verläßt der Käfer entweder sich rückwärts schiebend durch das Eingangsloch oder durch eine durchgebissene Oeffnung am Ende der Triebe; letztere sterben ab und bedecken, vom Wind an der Eingangsstelle des Käfers abgebrochen, im Herbst oft in großer Zahl den Boden der befallenen Bestände.

Die Käfer, teilweise noch in den vom Wind heruntergeworfenen Triebspitzen steckend, überwintern in Rinderitzen, unter Moos und in der dicken Borke der untern Stammteile, in welche sie sich zu ihrem Schutz einbohren.

Der Schaden, den der Markkäfer durch seine Brut verursacht, ist nur ein geringer, da er hiezu vorwiegend das gefällte Holz, stärkere Stöcke und kränkelnde Stämme wählt und nur im Notfall an gesunde Stämme geht; dagegen kann der Schaden, den er als Käfer durch das Ausfressen der Triebe verursacht, unter Umständen ein sehr bedeutender sein. Die Wipfel der wiederholt befressenen Stangen und Stämme zeigen die merkwürdigsten Formen und Verunstaltungen, sind licht und lückig, sehen aus wie künstlich zugeschnitten (Waldgärtner!), der Wuchs der befressenen Stämme wird ein kümmerlicher und ganze Bestände — so in der Nähe von Holzlagerplätzen, Schneidemühlen etc. — verkrüppeln zuletzt; namentlich sind es die Randstämme, welche von diesem Insekt heimgesucht werden, und für jüngere Bestände muß erklärlicherweise eine derartige fortdauernde Beschädigung besonders empfindlich sein.

Als Gegenmittel erscheint nun auch hier wieder die schon mehrfach betonte „reinliche" Wirtschaft, die rechtzeitige Entfernung kränkelnden Holzes, die Abfuhr des gefällten Materiales spätestens bis Mitte Mai, damit die abgesetzte Brut mit aus

1) Vergl. Forstw. Z.-Bl. 1908 S. 201.

dem Wald komme, andernfalls die rechtzeitige Entrindung und Verbrennung der Rinde, welch letztere Mittel auch dann anzuwenden sind, wenn etwa das Holz in der Nähe des Waldes auf Holzstellplätzen, in Schneidemühlen etc. aufgegantert wird. — Außerdem aber sind rechtzeitig und in entsprechender Anzahl geworfene Fangbäume das wichtigste Mittel zur Bekämpfung dieses Feindes, während das ebenfalls schon empfohlene Zusammenkehren und Verbrennen der im Herbst abgefallenen ausgefressenen Zweigspitzen um deswillen nur wenig hilft, weil die Mehrzahl schon vom Käfer verlassen ist.

Als besonderer Feind des Markkäfers wäre der Buntkäfer (Clerus formicarius) zu nennen, dessen gelbrötliche Larve, unter der Rinde der mit Brut besetzten Föhren lebend, die Larven des Markkäfers verzehrt und ganze Bruten vernichtet.

§ 50. Der kleine Kiefernmarkkäfer, Hylurgus (Myelophilus) minor. Er ist dem großen Markkäfer sehr ähnlich, auch in der Größe nur wenig unterschieden, nach Binzer's Angabe durch den glänzenden Halsschild und mehr bräunliche Färbung charakterisiert; als sicherstes Kennzeichen aber ist zu betrachten, daß die bei Hyl. piniperda angegebene Unterbrechung der Höckerpunkte auf den Flügeldecken am Absturz nicht vorhanden ist, diese sich vielmehr auch bei der zweiten Reihe bis zum Spitzenrand fortsetzen.

Wesentlich verschieden ist er dagegen durch seine Lebensweise, indem er vorwiegend, wenn auch nicht ausschließlich, die dünn berindeten Stammteile der Föhre befällt und als Muttergänge zweiarmige Waggänge anfertigt, so daß eine Verwechslung mit dem großen Markkäfer ausgeschlossen erscheint; seine Larvengänge schneiden tief in den Splint ein. — Er setzt ferner seine Brut lieber in noch stehendem, wenn auch aus irgend welchem Grunde kränkelndem Material ab, da an gefälltem Holz jene dünnberindeten Stammteile zu rasch austrocknen, wodurch die Brut zugrunde geht, und nicht selten ist er der Vorläufer von Hyl. piniperda, mit dem er sich auch am gleichen Stamme findet, ersterer in den unteren, letzterer in den oberen Stammteilen hausend.

In seiner Lebensweise gleicht er im übrigen seinem Gattungsverwandten und beschädigt als Käfer Stangen und Stämme in gleicher Weise durch das Ausfressen der Triebspitzen. Dagegen scheint er seltener zu sein und fehlt an manchem Ort, wo der große Markkäfer häufig auftritt, fast gänzlich, während das Umgekehrte nicht leicht der Fall sein wird.

Auch die Mittel der Vorbeugung und Vertilgung sind die gleichen, doch wird man als Fangmaterial mehr schwächeres, dünn berindetes Holz fällen und Sorge tragen müssen, daß dasselbe nicht zu rasch austrockne, da es dann vom Käfer nicht mehr angenommen wird.

Nitsche empfiehlt stehende Fangbäume, welche geköpft werden und von beiden Markkäferarten angenommen würden. Bei etwas späterer Entrindung der Fangbäume ist zu beachten, daß die Puppen des Hyl. minor im Splint liegen, also durch flaches Entrinden nicht vernichtet werden.

§ 51. Sonstige Bastkäfer, Hylesini. Von deren ziemlich großen Zahl mögen noch folgende, welche an manchen Orten schon größeren Schaden verursacht haben, Erwähnung finden:

Der schwarze Kiefernbastkäfer (Hylastes ater) und der schwarze Fichtenbastkäfer (Hylastes cunicularius) sind beide Kulturverderber und beide nur als Käfer schädlich. Sie setzen ihre Brut an die Wurzeln der frischen Nadelholzstöcke auf den Schlägen im Frühjahr nach der Fällung ab, die sich dort in unschädlicher Weise unter der Rinde und in den äußern Holzlagen ent-

wickelt. Die Muttergänge sind Längsgänge mit seitlichen Eigrübchen und seitlich abgehenden Larvengängen, die aber erklärlicherweise alsbald in die Längsrichtung der Wurzeln übergehen und die gesamte Safthaut in braunes Wurmmehl verwandeln. Die Käfer dagegen befallen die jungen Föhren- und bezw. Fichtenschläge, befressen die zarte Rinde und die unter ihr liegende Basthaut, hiedurch die Pflanzen zum Kränkeln und vielfach selbst zu raschem Absterben bringend.

Als Vorbeugungsmittel erscheint das möglichst sorgfältige Roden der Stöcke samt den Wurzeln, das Legen von Fangkloben als Brutmaterial, insbesondere auch für die zweite im Sommer schwärmende Generation, das Vermeiden des sofortigen Anbaues der frischen Schlagflächen, da die gesetzten Pflanzen durch die auskommenden Käfer in hohem Grad gefährdet wären. Als Mittel der Vertilgung ist neben den als solches zu betrachtenden Fangkloben, die nach erfolgtem Absatz der Brut entrindet oder noch besser verbrannt oder verkohlt werden, das Ausziehen und Verbrennen der kränkelnden mit Käfern besetzten Pflanzen zu betrachten.

Der große oder Riesen-Fichtenbastkäfer, Dendroctonus micans, ist der größte bei uns vorkommende Bastkäfer, 8—9 mm lang, schwarz mit grüngelber Behaarung, und gehört zu den stellenweise sehr schädlich auftretenden Insekten. Der Käfer, von dem ein eigentliches Schwärmen noch nicht beobachtet wurde, legt seine Eier von Mai bis August ab und bohrt sich das Weibchen meist tief unten am Stamm — bis Meterhöhe — und zwar mit Vorliebe an etwa vorhandenen Wundstellen bis zur Safthaut ein, macht einen kurzen, unregelmäßigen, oft knieförmig gebogenen Muttergang und legt seine Eier in einem oder mehreren Haufen zu 50 bis 100 Stück daselbst ab. Auch bei diesem Käfer wurde lange Lebensdauer der Käfer und Eiablage während mehrerer Monate (durch Eckstein) festgestellt. Als Brutobjekt dient fast nur die Fichte, in seltenen Fällen die Kiefer, und zwar werden mit Vorliebe Stangen von 25—50 Jahren, doch auch stärkere Stämme gewählt und vielfach vollständig gesunde, unbeschädigte Individuen befallen. Die ausschlüpfenden Larven fressen dicht gedrängt neben einander unter der Rinde einen größern Hohlraum, der auch als Familiengang bezeichnet wird, und überwintern teilweise als Larven, teilweise nach vorheriger Verpuppung in einzelnen, im Fraßraum liegenden Wiegen als Käfer. — Die Anwesenheit des Käfers in einem Stamme ist an dem reichlich aus dem großen Eingangsloch ausfließenden und zu weißen Klumpen erhärtenden Harz zu erkennen.

Stärker befallene Stangen und Stämme kränkeln und sterben ab, und es werden die Bestände dadurch in bedauerlicher Weise durchlöchert. Als Mittel der Vorbeugung erscheint die tunlichste Vermeidung aller Beschädigungen der Stämme bei Fällung und Abfuhr, Beseitigung beschädigter, geschälter etc. Stangen; als Mittel der Vertilgung lediglich die Fällung und Entrindung der befallenen und an dem oben berührten Harzausfluß kenntlichen Stämme.

Der Schaden, den der Käfer manchen Orts (Harz, Thüringen) angerichtet hat, war bisweilen schon ein bedeutender, zumal der Käfer vollkommen gesunde Stämme anfällt und durch den starken Harzfluß nicht in seiner Entwicklung gehemmt erscheint.

§ 52. Der große braune Rüsselkäfer, Hylobius abietis (s. Taf. I Fig. 7). Dieser 8—12 mm lange und 4—6 mm breite Käfer mit mäßig langem starkem Rüssel ist dunkel- bis rotbraun, mit gelben Zeichnungen zwischen den Augen, an den Seiten des Halsschildes und Hinterleibes, dann auf den Flügeldecken, welche Zeichnungen durch zu Flecken zusammentretende gelbe Haarschüppchen entstehen, auf den Flügeldecken als Querbinden erscheinen und am frischen Käfer lebhaft hervortreten, allmählich aber sich abreiben.

Ueber die Lebensweise dieses ebenso schädlichen wie zahlreich auftretenden Käfers — er wird da und dort nach Millionen gesammelt! — bestand nun merkwürdigerweise lange eine große Unklarheit und bezw. Verschiedenheit der Ansichten unter selbst bewährten Forschern, so zwischen Altum und Eichhoff[1]), von denen der erstere eine zweijährige Generation auf Grund seiner Beobachtungen behauptete, während letzterer eine solche entschieden bestritt und selbst eine doppelte Generation für wahrscheinlich erklärte. Der Umstand, daß man zu gleicher Zeit frische und (den abgeriebenen Flügeldecken nach) schon länger lebende Käfer, dann Larven in jedem Stadium der Entwicklung antraf, führte den einen zu dieser, den andern zu jener Erklärung. Eine Reihe von Beobachtungen, die Oberförster von Oppen[2]) in sehr exakter Weise mit möglichst naturgemäß eingezwingerten Käfern angestellt hat, führte zu höchst interessanten Resultaten und scheint in die Generationsverhältnisse des Rüsselkäfers Licht gebracht zu haben.

Nach v. Oppens Beobachtungen ist die Lebensdauer des Käfers eine sehr lange, bis zu zwei Jahren; die je nach der Oertlichkeit und der Frühjahrstemperatur im April oder Mai aus dem Winterschlaf erwachenden oder auskriechenden Käfer begatten sich alsbald und setzen ihre Brut an den frischen Stöcken und Wurzeln der im Winter abgetriebenen Nadelholzstämme ab, wiederholen aber Begattung und Eiablage während des ganzen Jahres, so daß man in den befallenen Stöcken und Wurzeln die gelblichweißen Larven mit großem braunem Kopf, welche zuerst zwischen Holz und Rinde fressen, allmählich aber tief in den Splint eingreifen, im Sommer und Herbst in dem verschiedensten Stadium der Entwicklung finden kann. Die abwärts gehenden geschlängelten Larvengänge sind mit Wurmmehl gefüllt, und an deren Ende verpuppen sich die aus den zuerst abgelegten Eiern entstandenen Larven, die eine Größe bis zu 18 mm erlangen, in einer Wiege, überwintern als Puppen oder Käfer, während die später erschienenen Larven als solche überwintern. Im Frühjahr erscheinen nun die jungen und mit ihnen auch ein Teil überwinterter alter Käfer, während des ganzen Sommers fort kommen auch neue Käfer aus der im Vorjahr später — im Juni, Juli, August — abgesetzten Brut zum Vorschein, so daß sich hiedurch jederzeit Käfer des verschiedensten Alters vorfinden.

Als Generations-Dauer haben v. Oppens Versuche, in rauhem Klima angestellt, durchschnittlich 15 Monate ergeben, für eine Anzahl Individuen auch nur 12 Monate. Doch schreiten die erst im Spätsommer sich entwickelnden Käfer wohl in diesem Jahre nicht mehr zur Fortpflanzung. — Eine bestimmte Schwärmzeit würde es nach diesen Versuchen gleichfalls nicht geben, Ausschlüpfen und Paarung der Käfer vielmehr während des ganzen Sommers erfolgen; dagegen wird erklärlicherweise im Frühjahr und Frühsommer die Zahl der Käfer eine besonders große sein, da hier die überwinterten alten und die neu ausschlüpfenden jungen Käfer zusammentreffen, und erscheint daher das Frühjahr (Mai, Juni) als die Zeit des massenhaften Auftretens und größten Schadens.

So unschädlich nun die Brut des Käfers ist, so schädlich wird letzterer selbst durch seinen Fraß an jungen Pflanzen. Er benagt platzweise die zarte Rinde an Stamm und Aesten schwacher Föhren- und Fichtenpflanzen, während er schon härter gewordene Rinde meidet, geht jedoch auch die Pflanzen der übrigen Nadelhölzer, ja im Notfall selbst Laubhölzer an. Die befressenen bezw. benagten Plätze erstrecken sich bei schwachen Pflanzen oft auf den ganzen Umfang des Stämmchens und haben

1) Z. f. F. u. J. 1884. S. 140 und S. 173.
2) Z. f. F. u. J. 1885. S. 81 und 141, dann 1887 S. 344.

1.♂ 1.♀

1.P. 1.L.

2.L.

2.♀

3.♂

2.♂

3.L.

2.P.

4.♂ 4.♀ 4.P. 5.♂ 5.P.

4.L. 5.L.

6.♀ 6.♂

6.L.

dann, oder wenn sie in größerer Zahl an einer Pflanze vorhanden, ein oft rasches Absterben, bei minderer Ausdehnung der Beschädigung ein Kränkeln und Kümmern der Pflanzen zur Folge.

Ueber die Lebensweise des Käfers sei noch bemerkt, daß er nach dem Ausschlüpfen und erfolgter Paarung zum Absetzen seiner Brut den frischen, durch den Harzgeruch ihn von weither anlockenden Schlagflächen zustrebt, meist laufend, doch auch fliegend, dort seine Brut an die zutage tretenden oder flach unter der Erde liegenden Wurzeln absetzt und sich gleichzeitig von der zarten Rinde vorhandenen Anfluges, frischen Reisigs etc. nährt. Besonders günstig wird es für ihn sein, wenn solche frische Schlagflächen sofort ausgepflanzt wurden, da ihm dann Brut- und Fraßmaterial zugleich geboten sind. Fehlt ihm letzteres, so begibt er sich laufend nach den anstoßenden Kulturen, dort die Pflanzen befressend und in dem vorhandenen Bodenüberzug später sein Winterlager suchend.

In den Nadelholzwaldungen ist er wohl jederzeit in beschränkter Zahl vorhanden, seine Menge kann, wenn ihm durch die Art und Weise der Bewirtschaftung (Kahlhieb ohne Stock- und Wurzelrodung) oder durch Elementarereignisse (Sturm, Schneebruch) Brutstätten in frischen Stöcken und Wurzeln reichlich dargeboten werden, in kurzer Zeit ins Ungeheure anwachsen [1]) und der durch ihn angerichtete Schaden in Kulturen ein sehr bedeutender werden; angesichts dessen ist es nächste Aufgabe des Forstmannes, dieser Vermehrung v o r z u b e u g e n.

Das sicherste Vorbeugungsmittel aber ist das v o l l s t ä n d i g e R o d e n der Fichten- und Föhrenstöcke s a m t W u r z e l n, wo immer dies die Standorts- und Absatzverhältnisse gestatten, und zwar am zweckmäßigsten im Spätsommer des ersten Jahres, zu welcher Zeit ein großer Teil der Brut abgesetzt ist und mit dem Stockholz aus dem Wald geschafft wird. Die bloße B a u m r o d u n g , bei welcher eine große Menge von Wurzeln oberflächlich abgehauen im Boden verbleibt, genügt nicht.

Man wird ferner vermeiden, durch sofortigen Anbau der im Winter gehauenen Kahlschläge — zumal wenn keine gründliche Stock- und Wurzelrodung stattfinden konnte, — dem Käfer Brut- und Fraßmaterial auf derselben Fläche zu bieten, sondern wird die Schläge e i n und besser noch zwei Jahre liegen lassen, um die Gefahr der Beschädigung der Pflanzen durch die auf der Kulturfläche ausschlüpfenden Käfer abzuwenden.

Von ganz besonderer Bedeutung ist ein entsprechender H i e b s w e c h s e l in der Weise, daß der Hieb womöglich nur alle 5—6 Jahre in derselben Abteilung fortgesetzt wird. Wo sich, wie manchen Orts üblich, die Hiebsflächen in Nadelholzbeständen Jahr für Jahr aneinanderreihen, ist dem Käfer Brutstätte und Fraßmaterial stets unmittelbar beisammen geboten. — Die Käfer aber sucht man teils auf den Stätten ihrer Entstehung, teils auf jenen ihres Fraßes möglichst abzufangen und zu vernichten. Dies geschieht zunächst durch F a n g g r ä b e n , etwa 30 cm breite und ebenso tiefe Gräben mit möglichst glatt und steil abgestochenen Wänden, und umzieht man, wo Boden und Terrain dies gestatten, zunächst die frischen Hiebsflächen mit solchen; auf der Sohle erhalten sie alle 2—3 m ein tiefes Falloch eingestoßen. In diese Gräben fallen die Käfer, wenn sie, durch den Harzgeruch angelockt, nach den Hiebsflächen laufen, um dort ihre Brut abzusetzen, und können leicht ge-

1) Im sog. Reichswald bei Nürnberg konnte man, dank intensiver Stock- und Wurzelrodung, vor dem Jahr 1868 nur mit Mühe einzelne Käfer finden; nach dem Schneebruch vom Jahr 1868, dem Sturmschaden vom Jahr 1870, durch welche jene Rodung unmöglich gemacht wurde, konnten die Rüsselkäfer nach wenig Jahren in Millionen gesammelt werden!

sammelt werden. Da aber ein Teil der Käfer jene Flächen fliegend erreicht, so dienen die Gräben im nächsten Jahr als Mittel zum Fang der nun nach Fraßstätten — Kulturen — wandernden Käfer.

Auf den Hiebsflächen, welche nicht durch Gräben geschützt werden konnten, und in befallenen Kulturen sucht man nun die Käfer zu fangen: durch Fangrinde, frisch geschälte Fichten- und Föhren-Rindenstücke, die man mit der Safthaut nach unten auf den Boden legt, und Fangkloben, meterlange Trumme frisch gefällter Fichten- und Föhrenstangen, an denen man einen etwa 5 cm breiten Rindenstreifen der Länge nach abgeschält hat. Die Käfer werden durch den Harzgeruch angelockt und sitzen fressend sehr fest an der Safthaut. Auch Fangbüschel — kleine Bunde frischen Nadelholzreisigs, an dessen Rinde die Käfer ebenfalls fressen, finden als Anlockungsmittel Anwendung. Allmorgentlich während der Hauptflugzeit — Mai und Juni — sammelt man die Käfer von den Fangrinden und -kloben durch Ablesen, von den Fangbüscheln durch Abklopfen auf ein Tuch und tötet die Käfer durch Ueberbrühen mit kochendem Wasser.

Sehr häufig kommt neben dem großen braunen Rüsselkäfer in den Kulturen der große graue Rüsselkäfer Cleonus turbatus vor, ein schöner, weiß und grau gezeichneter Käfer, dem aber bisher eine Beschädigung von Kulturen nicht nachgewiesen werden konnte.

Bemerkt möge endlich noch sein, daß durch die Kahlschlagwirtschaft die Vermehrung der Rüsselkäfer entschieden begünstigt wird, während bei natürlicher Verjüngung, wie sie in Fichtenbeständen und insbesondere in aus Laub- und Nadelholz gemischten Beständen vielfach stattfindet, der Käfer nur in beschränktem Maße auftritt.

§ 53. Der kleine braune Rüsselkäfer, Weißpunktrüsselkäfer, Pissodes notatus (s. Taf. I Fig. 8). Der Käfer ist 6—8 mm lang, dunkelrotbraun mit hellen Haarschüppchen unregelmäßig bepudert, auf dem Halsschild mit einer Anzahl deutlicher weißer Punkte; auf den Flügeldecken zwei rostfarbene weiß und gelb beschuppte Querbinden, deren vordere an der Naht unterbrochen ist; der Rüssel ist ziemlich lang und fein.

Der Käfer schwärmt im Mai, und legt dann das Weibchen seine Eier in kleinen Partien vorzugsweise unter die Quirltriebe junger 5—10jähriger Föhrenpflanzen — auch an andere Pinus-Arten, nie aber an Fichten oder Tannen — sowie, wenn auch seltener, an kränkelnde Stangen in feine, mit dem Rüssel eingebohrte Löcher. Die nach kurzer Zeit ausschlüpfenden Larven, gelbweiß mit braunem Kopf, fressen in der Basthaut meist abwärts, doch auch aufwärts geschlängelte, allmählich breiter werdende Gänge, an deren Ende sie sich in einer im Holz liegenden, mit Fraßspänen ausgepolsterten und bedeckten Splintwiege im Laufe des Monat Juli verpuppen. Im August verläßt der Käfer durch ein rundes, die Rinde durchbrechendes Flugloch die Wiege und überwintert unter Moos, in Rinderitzen; Eichhoff behauptete eine doppelte Generation auch dieses Käfers, was aber nach unsern eigenen Beobachtungen nicht der Fall zu sein scheint. Wohl aber haben neuere Untersuchungen [1]) auch für diesen Käfer eine längere Lebensdauer, wiederholte Begattung und Eierablage ergeben; auch für die im nächsten § besprochenen Pissodes-Arten wurden gleiche Beobachtungen gemacht.

Der fertige Käfer befrißt nicht, wie der große Rüsselkäfer, die Rinde, sondern sticht dieselbe lediglich mit seinem Rüssel zum Zweck des Saftsaugens an und die

1) Eckstein in Z. f. F.- u. J.-W. 1909 S. 209.

Pflanzen zeigen oft eine große Zahl solcher feiner, durch einen Harztropfen kenntlicher Stichpunkte. Viel schädlicher aber werden die Larven, die durch das Zerstören der Safthaut das Kränkeln und sehr vielfach das Absterben der Pflanzen verursachen, bei zahlreichem Erscheinen die Kulturen stark durchlichten, so daß der allerdings seltener als Hyl. abietis auftretende kleine Rüsselkäfer an vielen Orten zu den sehr schädlichen Kulturverderbern zu zählen ist.

Als sicherstes Gegenmittel ist das Vernichten der Brut durch Ausreißen und Verbrennen der mit Larven besetzten Pflanzen zu betrachten; letztere sind Ende Juni, Anfang Juli an den welk werdenden und sich senkenden jungen Trieben leicht zu erkennen und werden von den die Kulturen wiederholt durchgehenden Arbeitern ausgerissen. Bei Anwendung dieses Mittels mehrere Jahre nach einander wird es stets gelingen, des Käfers Herr zu werden.

§ 54. Sonstige Rüsselkäfer. Aus der großen Zahl der Rüsselkäfer wären hier noch folgende, stellenweise oft ziemlich schädliche Nadelholz-Rüssler zu nennen.

Der Kiefernstangen-Rüsselkäfer, Pissodes piniphilus. Dieser kleine Käfer, braun mit je einem charakteristischen größern rostgelben Flecken auf den Flügeln, lebt in den dünnrindigen oberen Stammteilen der Föhrenstangen, aber auch der älteren Stämme; dort legt das Weibchen einzeln in eingebissene Löcher seine Eier ab, und die auskommenden Larven zerfressen in geschlängelten, breiter werdenden Gängen die Safthaut, sich zuletzt im Splinte in kleinen Splintwiegen verpuppend. Die Schwärmzeit ist im Juni, die Generation nach Nitsches Angabe [1]) zweijährig, während Dougall auf Grund neuerer Forschungen [2]) eine einjährige Generation mit längerer Lebensdauer und wiederholter Copula feststellen zu können glaubt. Die von dem bisher weniger beachteten, aber doch verhältnismäßig häufig auftretenden Insekt befallenen Stangen und Stämme fangen bei einigermaßen stärkerer Besetzung an zu kränkeln und gehen schließlich in oft nicht geringer Zahl ein, so daß die Bestände sich lichten und der Schaden ein bedeutender werden kann. Als Gegenmittel wurde [3]) mit Erfolg das Fällen der befallenen Stangen und Stämme, kenntlich an den austretenden weißen Harztropfen, die namentlich an sonnigen Tagen gut wahrzunehmen sind, angewendet; ein tiefgreifendes Entrinden ist dann nötig, wenn etwa schon teilweise Verpuppung eingetreten ist.

Der Harzrüsselkäfer, Pissodes harcyniae, etwa 6 mm lang, schmal, fast schwarz mit zwei feinen weißgelben Binden über die Flügeldecken, ist im Harz und Erzgebirg schon sehr schädlich aufgetreten, befällt nur Fichten und zwar vorwiegend in älteren 60—100j. Beständen, wobei das Weibchen nach der Schwärmperiode im Mai und Juni seine Eier unter die Rindenschuppen kränkelnder, aber auch gesunder Stämme ablegt; die Larve frißt in geschlängeltem Gang in der Safthaut, sich schließlich in einer im Splint liegenden, mit Spänen gepolsterten Wiege verpuppend und zwar nach Altums Angabe erst im Sommer des folgenden Jahres, so daß hienach die Generation als eine zweijährige erscheint. Stärker befallene Stämme kränkeln und sterben schließlich ab, in den kränkelnden Stämmen finden jedoch auch andere schädliche Insekten, Borkenkäfer obenan, willkommene Brutstätten. Die austretenden weißen Harztröpfchen verraten dem geübten Auge die befallenen Stämme, und wo der Käfer in größerer Zahl auftritt, läßt man die Bestände von

1) Lehrbuch der mitteleurop. Insektenkunde I S. 380.
2) Forstl. naturw. Zeitschr. 1898 S. 201.
3) Forstw. Z. Bl. 1885 S. 144.

darauf eingeübten Arbeitern wiederholt durchgehen, die Käferbäume bezeichnen, sowie alsbald fällen und entrinden.

In ähnlicher Weise beschädigt der Tannenrüsselkäfer, Pissodes piceae ältere Tannen, der Kiefernbestands-Rüsselkäfer P. pini (s. Taf. I, Fig. 9) ältere Föhren; beide treten jedoch minder häufig und darum minder schädlich auf.

§ 55. Der große, schwarze Fichtenrüsselkäfer, Otiorhynchus ater (niger), ein 8—12 mm langer, glänzend schwarzer Käfer mit kurzem breiten Rüssel, eiförmigen Körper, stark gewölbten Flügeldecken, aber ohne häutige Flügel, mit roten Beinen und schwarzen Knien und Füßen, wird als Käfer und Larve insbesondere in Gebirgsgegenden nicht selten schädlich. Der Käfer benagt die zarte Rinde von Fichtenpflanzen, auch deren Knospen, die schmutzig weiße, im Boden liegende Larve deren Wurzeln, stärkere Wurzeln völlig entrindend, schwächere abbeißend und hiedurch die Pflanzen tötend. Die Schwärmzeit ist im Mai, die Eierablage erfolgt in bloßliegendem und lockerem Boden insbesondere in Saatbeeten und Saatkulturen, der Larvenfraß wird im Juni und Juli bemerklich. Ende Juli tritt die Verpuppung ein, Ende August erscheinen die Käfer, die als solche überwintern; die Generation ist demnach eine einjährige; bei größerer Vermehrung treten jedoch mannigfache Verschiebungen im Erscheinen der einzelnen Entwicklungsstadien ein.

Man sucht dem Schaden vorzubeugen durch Ausführung von Kulturen unter geringer Bodenverwundung. Vertilgungsmittel gegen Larven sind kaum anwendbar, die Käfer sucht man durch Ablesen von den Pflanzen, Sammeln unter Moosplaggen, welche in die Kulturen und Saatbeete gelegt werden, und mit Fanggräben zu vertilgen.

§ 56. Der Maikäfer, Melolontha vulgaris (s. Taf. I Fig. 19). Dieses Insekt beschädigt als Käfer zwar vorwiegend nur Laubhölzer, dagegen wird die Larve vor allem den Nadelholzkulturen durch ihre Wurzelzerstörungen lästig, und hiedurch erscheint die Besprechung unter den Nadelholzinsekten gerechtfertigt.

Die Gestalt des Käfers ist eine allbekannte und eine Beschreibung wohl überflüssig; die Geschlechter sind an den Fühlern leicht zu unterscheiden, welche beim Männchen schön gekämmt, beim Weibchen fadenförmig sind. Die Larve, Engerling genannt, ist in ausgewachsenem Zustand 4—5 cm lang, mit dickem gelbbraunen Kopf, sechs langen Brustfüßen, der Körper bauchwärts gekrümmt, gelblichweiß, mit dickem, infolge des durchschimmernden Kotes bläulich gefärbtem After, die Puppe ist bräunlichgelb mit zweispitzigem After, die Eier sind eiförmig, gelblichweiß und etwa hanfkorngroß.

Was nun die Lebensweise des Maikäfers betrifft, so schwärmt er je nach klimatischen Verhältnissen bald früher, bald später im Monat Mai, in rauhen Lagen selbst bis Anfang Juni. Das Weibchen sucht sich nach der Begattung zur Ablage seiner Eier möglichst freie Flächen mit lockerem, unbewachsenen Boden, der ihm das Eindringen behufs Eierablage erleichtert, wühlt sich in diesen 5—10 cm tief ein und legt eine Anzahl Eier, bis zu 30 Stück an einer Stelle, ab, wiederholt diese Eierablage mehrmals und ist die Zahl der von einem Weibchen abgelegten Eier eine ziemlich große, bis zu 60 Stück. Bald nach der Begattung und bezw. Eiablage erfolgt das Absterben der Käfer.

Die Larven — Engerlinge — schlüpfen nach etwa 4 Wochen aus den Eiern, entfernen sich im ersten Jahr nicht weit von der Stelle, wo sie auskamen, und verursachen, sich anscheinend nur von im Boden befindlichen Humusteilchen nährend, noch keinen Schaden. Mit herannahendem Winter wühlen sie sich, um dem Frost auszuweichen, tiefer in den Boden, arbeiten sich im Frühjahr wieder herauf und be-

ginnen nun ihren allmählich fühlbar werdenden Fraß an Pflanzenwurzeln jeder Art, ihn nach nochmaliger Ueberwinterung und allmählich zu bedeutender Größe herangewachsen in noch stärkerem Maß wiederholend; auch Kartoffeln, Rüben und derlei Gewächse werden oft stark beschädigt. Nach abermaliger Ueberwinterung arbeiten sich die tief in den Boden gegangenen Engerlinge nochmals herauf und fressen noch einige Wochen, gehen aber Ende Juni und sonach drei Jahre nach ihrem Ausschlüpfen aus dem Ei zum Zweck der Verpuppung tief in den Boden; letztere erfolgt in einer geglätteten Höhle, und nach einigen Monaten, also schon im Spätherbst, entwickelt sich aus der Puppe der anfänglich weiße, weiche Käfer, der, allmählich erhärtend, im Frühjahr zur oben angegebenen Schwärmzeit die Erde verläßt, hiebei ein seiner Größe entsprechendes Loch zurücklassend. — Die ganze Entwicklungsdauer ist sonach eine vierjährige, für das wärmere Süddeutschland aber nur eine dreijährige, in Nordostdeutschland selbst 5jährige, und in diesen Intervallen kann man durch besonders zahlreiches Auftreten der Käfer auffallende Flugjahre konstatieren, während sich in den zwischenliegenden Jahren Maikäfer stets nur in begrenzter Zahl zeigen.

Was nun die Schädlichkeit des Maikäfers anbelangt, so ist sie eine doppelte; er betätigt sie als Engerling und als Imago.

Als Engerling verzehrt er, vom zweiten Lebensjahr beginnend, die zarten Wurzeln von Gewächsen jeder Art, namentlich die reservestoffreichen Wurzeln von perennierenden Kräutern und Gräsern, so auch die Wurzeln unserer Holzpflanzen; und da auf den Kahlschlägen mit ihrem meist durch Stockrodung wunden Boden vorwiegend Nadelholz und zwar mittelst schwächerer Pflanzen angebaut wird, nebenbei die Nadelholzpflanzen gegen Wurzelbeschädigungen sehr empfindlich sind, so sind es die Nadelholzschläge und vor allem die großen Kiefernkahlschläge der Ebene mit ihrem lockern Sandboden, auf welchen durch die Engerlinge schon großartige Beschädigungen angerichtet wurden, so daß der Maikäfer zu den schädlichsten Kulturverderbern gerechnet werden muß. Auch in Saatbeeten, die ihm einerseits wunden Boden zur Eierablage und anderseits nur Wurzeln von Holzpflanzen als Nahrung bieten, richten die Engerlinge großen Schaden an — weniger zu fürchten sind sie dagegen in natürlichen Verjüngungen, in Mittel- und Niederwaldschlägen. In vom Maikäfer stark heimgesuchten Gebieten werden aber selbst geschlossene 30—80jährige Laubholzbestände durch Engerlinge stark geschädigt, zum Kümmern und selbst Absterben gebracht [1]).

Wesentlich geringer ist der Schaden, den der fertige Käfer verursacht. Dieser frißt das Laub der meisten Laubhölzer, insbesondere der Eichen, Buchen, Ahorne, auch Roßkastanien, Pappeln, während von den Nadelhölzern nur die weichen Nadeln der Lärche und die Blüten der Föhren angegangen werden. In Flugjahren ist der Fraß oft so bedeutend, daß man ganze Laubholzbestände, insbesondere auch die Oberholz-Eichen des Mittelwaldes kahlgefressen sehen kann, doch begrünen sie sich mit Hilfe der Johannitriebe wieder, wenn auch nur dünn, und der Schaden besteht in einigem Zuwachsverlust [2]) und etwa der Zerstörung der Blüten bezw. der Mast.

Die Vorbeugung und Bekämpfung ist nun eine schwierige. Man sucht es zu vermeiden, dem Käfer in F l u g j a h r e n die von ihm bevorzugten größeren Kahlflächen mit wundem Boden darzubieten, vermeidet Bodenverwundungen und Saaten in solchen Jahren, wendet Klemmpflanzung an; man hat in den besonders heimge-

---

1) P u s t e r, Ein Jahrzehnt im Kampf mit dem Maikäfer. Forstw. Z.-Bl. 1910 S. 633.

2) Nach N ö r d l i n g e r s Angabe (Forstschutz S. 152) lassen sich in Schwaben die alle drei Jahre eintretenden Flugjahre an den jedesmaligen schmäleren Jahrringen von Alteichen nachweisen.

suchten Waldungen der norddeutschen Sandebene versucht, den üblichen Kahlschlag zu verlassen und zur Verjüngung unter Schirmstand zurückzukehren — nur mit geringem Erfolg. Bei Anlagen von Saatkämpen vermeidet man tunlichst die Nähe von Eichenstockschlägen, von denen aus der Anflug besonders reich erfolgt, sucht bei dem Umgraben die Engerlinge möglichst zu beseitigen, durch Umfassungsgräben deren seitliches Eindringen zu hindern, durch Deckgitter die Saatbeete gegen die Eiablage zu schützen; selbst Starenkästen, in größerer Zahl um die Saatkämpe angebracht, um dadurch die den Maikäfern sehr stark nachgehenden Stare beizuziehen, haben sich als nützlich erwiesen.

Zahlreiche Feinde unterstützen uns in der Vernichtung der Käfer: die am Boden befindlichen werden von Igel, Dachs, Marder, Fuchs, Schwein verzehrt, Fledermäuse, Stare, Krähen, Dohlen, kleine Raubvögel und andere Vögel vernichten große Mengen. Die im Boden liegenden Engerlinge haben leider wenig Feinde: den Maulwurf, dann die Schweine, denen man allerdings gerade dort, wo sie die meisten Engerlinge finden würden, den Zugang nicht gestatten kann; die beim Pflügen an die Oberfläche gebrachten werden von Krähen und Staren begierig verzehrt.

Als wichtigstes Mittel der Vertilgung erscheint das Sammeln der Käfer — Abschütteln von Obstbäumen, Randstämmen, Stockausschlägen in den frühen Morgenstunden, in welchen die Käfer nur lose sitzen, auf untergehaltene Tücher —, doch hat dies Mittel natürlich nur dann Erfolg, wenn es, ev. unter Mitwirkung der ja ebenfalls interessierten Landwirte, in möglichster Ausdehnung stattfindet. Die abgeschüttelten Käfer werden in Eimer und aus diesen in Säcke gesammelt, die Säcke schließlich in bereitgehaltene Fässer geleert und die Käfer mittelst Schwefelkohlenstoff rasch getötet. Die Masse kann in Mischung mit Kalk und Torfmulle vorteilhaft zu Kompost verarbeitet werden [1]).

Das Sammeln der Engerlinge, Vertilgen in Saatbeeten mit Benzin oder Schwefelkohlenstoff hat sich nicht von Erfolg gezeigt — am ersten gewährt, wie erwähnt, das Decken der Beete mit Gittern Schutz gegen die Eiablage. Stark gefährdete Saatbeete verlasse man.

Neben dem gemeinen Maikäfer kommt bisweilen in ziemlicher Zahl der etwas kleinere Roßkastanien-Käfer (Mel. hippocastani) sowie, wenn auch seltener und nur in sandigen Gegenden, der große Walker (Polyphylla fullo) mit schön weiß und braun marmorierten Flügeldecken vor, beide in gleicher Weise schadend.

II. Schmetterlinge.

§ 57. Der Kiefernspinner, Gastropacha pini (s. Taf. II Fig. 1). Der Falter dieses größten unserer forstschädlichen Schmetterlinge hat 6—8 cm Flügelspannung, und bezeichnet ersteres etwa die normale Größe des Männchens, letzteres jene des Weibchens. Der Leib ist dick, der Kopf klein und unter dem Halsschild versteckt, die Augen sind groß, die Fühler beim Männchen schön lang doppelt gekämmt, beim Weibchen ganz kurz gekämmt; die Basis der Flügel, die Beine und der Hinterleib sind stark behaart. Die großen Vorderflügel sind braungrau bis weißgrau, mit einer beim Männchen grauen, beim Weibchen rotbraunen Querbinde, welche die Flügel in zwei Hälften scheidet; auf der dem Leib zunächst liegenden Hälfte findet sich ein weißer, halbmondförmiger Fleck auf dunklerem Grund. Hinter-

---

1) Vergl. die interessante Schilderung von Puster, Forstw. Z.-Bl. 1910 S. 633 und 1911 S. 511, der im Jahr 1907 mit einem Aufwand von 16 800 Mk. etwa 15 Mill. Käfer, im Jahr 1911 rund 22 Mill. vernichtete.

flügel und Hinterleib braun und graubraun, die Unterseite einfarbig hell graubraun; Farbenvarietäten bald mehr ins Braune, bald ins Graue gehend sind sehr häufig. Befindet sich der Schmetterling in der Ruhe, so liegen die Flügel dachziegelförmig übereinander.

Die Raupe, ausgewachsen über 7 cm lang, zeigt in den verschiedenen Stufen der Entwicklung, wie auch in ausgewachsenem Zustand sehr mannigfache Färbungen, aschgraue bis rötlichbraune Grundfarbe mit hellen Längsstreifen an der Oberseite und weißen Flecken an der Seite, dunkeln Flecken und Zeichnungen auf dem Rücken und starker büschelförmiger Behaarung. Charakteristisch sind die dunkelblauen Haarbüschel in den Einschnitten des zweiten und dritten Leibesringes, die sich im Nacken als blaue Querstreifen darstellen, sodann die schwarzblauen Haarbüschelchen zwischen den übrigen Haaren und ein besonders starker solcher Haarbüschel auf dem 11. Leibesring.

Die Puppe, vorn dunkel, hinten heller braun, schwach behaart, liegt in einem großen, elliptischen, schmutzig weiß-grauen Kokon; die Eier etwa halb so groß wie Hanfkörner, rundlich elliptisch und an den Seiten etwas eingedrückt, sind frisch bläulichgrau, später perlgrau.

Die Schwärmzeit des Falters fällt etwa Mitte Juli, die Schmetterlinge, unter Tag ruhig an den Bäumen sitzend, fliegen gegen Abend, und die Begattung erfolgt meist tief unten am Stamm, wobei sie mit dem After gegen einander sitzen. Das Weibchen legt sodann seine zahlreichen (bis 200) Eier in Gruppen von 30—50 Stück an die Rinde des Stammes, auch an Aeste und Zweige ab, und nach etwa 3 Wochen, also beiläufig Mitte August, schlüpfen die kleinen Räupchen aus, verzehren zunächst die Eihüllen und beginnen sodann die Wanderung in die Krone, dort zuerst die Nadeln nur benagend, später ganz verzehrend. Mit eintretendem Frost steigen die noch nicht halbwüchsigen Raupen vom Baum herab, um zusammengerollt unter Moos und Nadeln meist noch innerhalb der Schirmfläche des bisher bewohnten Baumes zu überwintern. Die beginnende Bodenwärme im Frühjahr (nach Altums Beobachtungen etwa + 5° R.) Ende März, Anfang April erweckt sie aus diesem Winterschlaf, sie besteigen sofort die Bäume und setzen ihren Fraß, der nun mit zunehmender Größe der Raupen erst recht ins Auge fällt, bis gegen Ende Juni fort. Die Raupen, deren Nahrungsbedarf ein sehr bedeutender ist, verzehren die ganzen Nadeln bis zur Scheide, bei Kahlfraß selbst Scheide und Knospen, in welchem Fall natürlich der befressene Stamm oder Bestand zugrunde gehen muß, und verpuppen sich dann in einem Kokon, am liebsten in den starken Borkenschuppen des Stammes, doch auch zwischen Nadeln, an den Aesten, um nach dreiwöchentlicher Puppenruhe auszuschlüpfen.

Der Kiefernspinner lebt nur auf Kiefern, und stets sind es in erster Linie die alten Bestände, die er befällt; trockener sandiger Standort der Bestände scheint ihm, weil die Ueberwinterung der Raupen durch trockenes Winterlager begünstigend, besonders zuzusagen. Bei großer Vermehrung aber werden auch die Stangenhölzer, ja zuletzt selbst die Schläge befallen. Der Kiefernspinner gehört zu den schädlichsten Forstinsekten, da er nicht selten und dann in oft ungeheurer Menge auftritt; er hat in den großen zusammenhängenden Kiefernwaldungen der norddeutschen Ebene, ebenso aber auch in einzelnen Föhrenkomplexen Süddeutschlands schon außerordentliche Verheerungen angerichtet, ausgedehnte Bestände zum Kümmern und Absterben gebracht und fordert daher in den bedrohten Oertlichkeiten die Aufmerksamkeit des Forstmanns in vollem Maß heraus.

Die Zahl der Feinde, durch welche die Natur uns in der Vertilgung des so schädlichen Insekts unterstützt, ist infolge der starken Behaarung der Raupe, des Schutzes

der Puppe durch den Kokon nur eine beschränkte. Die Meisen vertilgen zahlreiche Eier; der Kuckuck ist einer der wenigen Vögel, welche der Raupe trotz der Behaarung gierig nachgehen. Dagegen verschmähen zahme und wilde Schweine die im Winterlager befindliche Raupe. Viel mehr Abbruch geschieht dem Spinner jedoch durch Insekten, insbesondere durch Raupenfliegen und Schlupfwespen, und letztere befallen denselben in jedem Stadium, vom Ei beginnend; auch parasitische Pilze töten oft eine große Menge von Raupen im Winterlager, namentlich in feuchtem, humosen Boden, die gegen Nässe und Kälte minder empfindlich sind.

Eigentliche Vorbeugungsmittel stehen nun dem Forstmann nicht zu Gebote — seine Aufgabe ist zunächst, durch fleißige Revision der Waldungen rechtzeitig eine bedenkliche Vermehrung zu konstatieren, um dann sofort energische Vertilgungsmittel in Anwendung bringen zu können. Zur Schwärmzeit sieht man wohl die sitzenden oder des Abends fliegenden Falter, im Frühjahr baumende Raupen, fallenden Kot derselben namentlich auf Wegen, in Fahrgeleisen; außerdem aber nimmt man in Beständen, in denen man den Spinner vermutet, im Spätherbst, sobald die Raupen ihr Winterlager bezogen haben, Probesuchungen unter der Schirmfläche der Stämme oder streifenweise durch die Bestände vor, indem man vorsichtig das Moos aufheben und nach den Raupen sorgfältig suchen läßt. Findet man deren eine größere Zahl — und man wird immer nur einen Teil, vielleicht $^1/_3$, der wirklich vorhandenen entdecken — so hat man ihre Vertilgung ins Auge zu fassen.

Man hat früher vielfach das Sammeln der Raupen im Winterlager angewendet, allein der Erfolg wird nie ein vollständiger sein, stets ein großer Teil der Raupen unter Moos und Erde zurückbleiben; ebensowenig hat das Sammeln der Eier, Puppen oder der tief am Stamm sitzenden Schmetterlinge wesentlichen Erfolg.

Durchschlagenden Erfolg hat jedoch ein Mittel, das man früher wohl versuchte, aber nicht im Großen anwendbar erachtete: die Anwendung der sog. Leimringe; seit es gelungen ist, einen Raupenleim herzustellen, der längere Zeit klebrig, fängisch bleibt, wendet man diese Leimringe in den bedrohten Kiefernforsten in geradezu großartigem Maßstab und mit bestem Erfolg gegen die Kiefernspinner an [1]).

Um nämlich den überwinternden Raupen das Besteigen der Bäume unmöglich zu machen, erhält jeder Baum in dem gefährdeten Bestand einen mit dem Klebestoff beschmierten Ring; dem Anstreichen mit Raupenleim muß das sog. Anröten des Baumes, die Entfernung der rauhen Borke auf einem 6—8 cm breiten Ring in Brusthöhe mittelst Schnitzmesser vorausgehen, wodurch das Leimen sehr erleichtert und wesentlich an Leim gespart wird. Dieses Anröten erfolgt, wenn man sich von der Notwendigkeit des Leimens überzeugt hat, so zeitig im Frühjahr, daß schon vor Beginn des Raupensteigens mit dem Anstrich begonnen werden kann; der Klebestoff — als solcher dient der Raupenleim von Ermisch, Mützel, Hut, der viele Wochen lang klebrig bleibt, so daß einmaliger Anstrich für die ganze Periode des Raupensteigens ausreicht, — wird mit einfachen hölzernen Spateln, die sich besser bewährt haben, als die mancherlei anderweitigen Leimapparate, in 3—4 cm breiten und etwa 3 mm dicken Ringen aufgetragen, und sind hiezu 40—70 kg Leim, je nach der Stammzahl und Stärke der Bestände, nötig. Die aufsteigenden Raupen versuchen entweder das Ueberkriechen des Ringes und bleiben auf diesem hängen, meist aber verhungern sie

1) Man wendete zuerst Steinkohlenteer an, und sprach deshalb von Teerringen, von Anteeren; die in neuerer Zeit angewendeten Klebemittel, deren Zusammensetzung von den Fabriken als Geheimnis behandelt wird, haben mit Teer nichts zu tun und werden als Raupenleime bezeichnet. Ueber die Ausführung des Leimens s. Eckstein, Die Technik des Forstschutzes gegen Tiere. 1904.

unterhalb desselben; einzelne etwa hinübergelangende besudeln sich Füße und Freßwerkzeuge derart, daß sie doch eingehen.

Auch Raupengräben werden angewendet, wenn starker Fraß und bezw. Kahlfraß auf kleinerer, begrenzter Fläche stattfindet; man isoliert den befallenen Waldteil durch scharf abgestochene, etwa ½ m tiefe Gräben (Isolierungsgräben), um die Raupen bei der Wanderung nach den Nachbarbeständen abzufangen, durchschneidet größere Flächen etwa auch noch mit Fanggräben und tötet die Raupen, welche in Fallöcher auf der Sohle der Gräben gestürzt sind, durch Zerquetschen und Uebererden. Man wird solche Gräben namentlich zum Schutz von Kulturen, die an kahlgefressene Bestände anstoßen, anwenden.

§ 58. Die Nonne, Liparis (Lymantria) monacha (s. Taf. II Fig. 2). Das Männchen hat 4—5, das Weibchen 5—6 cm Flügelspannung, die Färbung beider ist jedoch eine sehr gleiche: Vorderflügel und Vorderleib sind bei beiden Geschlechtern weiß, mit zahlreichen braunschwarzen, tiefgekerbten Zickzackstreifen, die Hinterflügel bräunlichgrau mit hellen, schwarz getupften Rändern, der Hinterleib meist schön rosenrot mit schwarzen Querbinden. Dunkle Varietäten, bei welchen der Hinterleib statt rot schwärzlich gefärbt ist (var. eremita), kommen nicht selten vor.

Die Raupe, ausgewachsen bis 5 cm lang, ist weißlich, gelblich- oder rötlich-grau, auf der Unterseite schmutzig grün; über den Rücken zieht ein grauer Streifen, der auf dem zweiten Ring mit einem herzförmigen schwarzen Fleck beginnt, sich dann verschmälert und dann wieder zu breitem hellem Sattelfleck verbreitert. Auf dem sonst unbehaarten Körper stehen 6 Längsreihen von Knopfwarzen mit ziemlich langer blaugrauer Behaarung, von denen die beiden ersten des vordern Ringes stark hervorragen und für die in der Farbe vielfach wechselnde Raupe charakteristisch sind.

Die Puppe, anfangs grünlich, dann braun mit Bronzeschimmer und mit starken, hellen Haaren besetzt, liegt in einem aus einzelnen Fäden bestehenden Gespinst zwischen Rinderitzen am untern rauhrindigern Stammteil oder in den Nadeln der Aeste und des Unterwuchses. Die Eier sind brotförmig, anfänglich rosenrot schimmernd, später bräunlich.

Die Schwärmzeit der Falter beginnt etwa Mitte Juli und dauert bis Mitte August; bei Tage, namentlich bei trübem Wetter, sitzen sie meist tief unten am Stamm auf der gegen Regen und Wind geschützten Seite, während heller Sonnenschein die Männchen zu taumelndem Flug reizt. In der Dämmerung aber ist die eigentliche Flugzeit, die Falter laufen am Stamm suchend auf und ab und begatten sich aneinander sitzend. Wenige Tage später legt das Weibchen seine Eier möglichst geschützt in kleinern oder größern Partien zwischen die Schuppen der Rinde, hiezu die älteren Bestände und die stärker berindeten untern Stammteile wählend; bisweilen liegen sämtliche Eier, 200 und mehr, auf einem Häufchen, bisweilen sind es deren nur 20 bis 50.

Die Eier überwintern als solche — deshalb ihre möglichst geschützte Lage — und erst im kommenden Frühjahr im April und selbst erst Anfang Mai schlüpfen die langbehaarten Räupchen aus, bleiben mehrere Tage in einem je nach der Zahl talerbis handtellergroßen, durch die dunkle Farbe der Räupchen schwarz erscheinenden Fleck — dem Spiegel — beisammen sitzen und ersteigen dann allmählich den Baum, diesen von unten nach oben befressend. Der Fraß ist ein ganz eigentümlicher: zuerst ein Benagen der Knospen und Nadeln, während später von der stärkeren Raupe die Nadeln der Fichte ganz verzehrt, jene der Föhre in der Mitte durchbissen und nur der Stumpf verspeist, Laubholzblätter zunächst des Blattstieles in der Weise befressen werden, daß die größere Blatthälfte herabfällt, so daß bei einem Fraß der Nonne der

Boden sich mit Blatt- und Nadelresten bedeckt zeigt. Bis zur Halbwüchsigkeit spinnen die Raupen, lassen sich bei stärkerem Wind sofort an einem Faden herab und werden dann oft weit verweht oder in Masse an den Boden geworfen, woselbst dann eine nicht geringe Zahl zu grunde geht. Der Fraß dauert bis in die erste Hälfte des Juli, die Raupe sucht sich zur Verpuppung gern einen geschützten Platz zwischen Rindeschuppen, am Unterwuchs, und nach 2 bis 3 Wochen schlüpft der Falter aus.

Die Nonne ist außerordentlich polyphag, denn außer Föhre und Fichte befrißt sie verschiedene Laubhölzer — Eichen, Buchen, Birken, in der Not auch fast alle übrigen Holzarten; die beiden erstgenannten dagegen sind ihre eigentlichen Nährpflanzen, und sie hat in Fichten- und Föhrenwaldungen schon außerordentliche Verheerungen angerichtet, ausgedehnte Waldflächen zum Absterben gebracht und ist deshalb zu den sehr schädlichen Insekten zu rechnen. Sie gehört zu den Bestandsverderbern — stets fällt sie zunächst die älteren Bestände an, und ist die Fichte durch sie in höherem Grade gefährdet, als die Föhre. — Welche Ursachen es sind, welche die oft jahrelang nur in sehr geringer Zahl vorhandene Nonne sich in wenig Jahren zu ungeheuren Massen vermehren läßt, ist noch unerklärt.

Gleich dem Kiefernspinner hat auch die Nonne nur eine beschränkte Zahl von Feinden. Die Eier werden während des Winters allerdings durch Vögel (Meisen) etwas dezimiert, die behaarten Raupen aber von letzteren verschmäht, jedoch von Schmarotzern und insbesondere Tachinen stark befallen; gegen Witterungseinflüsse sind sie wenig empfindlich. Dagegen ist bei starkem Raupenfraß wiederholt eine merkwürdige Erkrankung der Raupen, das sog. Wipfeln aufgetreten, welche sämtliche Raupen in kürzester Zeit vernichtet und dadurch der Kalamität ein Ende macht; die absterbenden Raupen sammeln sich in großer Zahl in den Astwinkeln und namentlich an den Wipfeln der befallenen Stämme. Man schreibt diese Erkrankung einem Spaltpilz, der sich in den kranken Raupen in großer Zahl findet, zu, hat auch versucht, denselben durch Impfung gesunder Raupen in noch nicht verseuchte Gebiete zu übertragen, doch ohne Erfolg [1]).

Durchschlagende Mittel der Vorbeugung und Vertilgung stehen dem Forstmann der Nonne gegenüber nicht zu Gebot. Bei aufmerksamem Auge wird derselbe die beginnende Vermehrung der Nonne in seinem Wald durch die am Boden liegenden Nadel- und Blattreste, die umherfliegenden oder an den Stämmen sitzenden hellgefärbten Schmetterlinge rechtzeitig erkennen und derselben mit allen Mitteln Einhalt tun.

Als solche Mittel wendet man an: das Sammeln und Vernichten der in überwiegender Menge an den untern Stammteilen abgesetzten Eihäufchen, von denen freilich viele den Augen des Sammlers entgehen; ferner das Zerdrücken der in „Spiegeln“ sitzenden frisch ausgeschlüpften Räupchen, bezüglich deren das Gleiche gilt. Durch Zerquetschen der unter tags meist ruhig an den Stämmen sitzenden Schmetterlinge — es sind die fester sitzenden zudem meist Weibchen — können ebenfalls größere Massen vernichtet werden, doch sind die genannten Mittel nur bei erst beginnender Vermehrung anwendbar und von einigem Erfolg.

Bei dem in den Jahren 1889 bis 1892 in Süddeutschland und Oesterreich stattgehabten großen Nonnenfraß hat man in ausgedehntem Maß das (in § 57 besprochene) Leimen der befallenen Bestände angewendet, gestützt auf die Wahrnehmung, daß

1) An Lösung der Frage nach dem Grunde der oft so raschen Vermehrung der Nonne, der plötzlichen Erkrankung (Polyederkrankheit), der Möglichkeit, letztere hervorzurufen oder doch zu begünstigen, arbeiten zur Zeit zahlreiche Forscher. Der Raum verbietet, auf diese Verhältnisse hier einzugehen.

außerordentlich zahlreiche Nonnenräupchen in den ersten Wochen ihres Lebens durch Abspinnen an den Boden kommen; durch Leimringe verlegt man denselben den Rückweg in die Kronen. Es kann dies Leimen nicht den vollen Erfolg haben, wie bei dem Kiefernspinner, da eben nicht alle Räupchen an den Boden kommen, unter allen Umständen wird aber eine große Entlastung der befallenen Bäume erzielt und hat sich das Leimen erfolgreich insbesondere in Beständen erwiesen, die noch nicht allzustark befallen waren, sowie zur Herstellung von Isolierstreifen zwischen befallenen und noch raupenfreien Beständen. In Sachsen hat man in den Jahren 1909—1911 das Leimen in ausgedehntem Maß angewendet und schreibt ihm die erfolgreiche Bekämpfung der Nonne zu; in Preußen hat man sich bei dem zu jener Zeit in Ostpreußen herrschenden Nonnenfraß dem Leimen gegenüber vollständig ablehnend verhalten. — Auch Versuche mit dem Hochleimen hat man gemacht, indem man Leimringe oder geleimte Stricke in größerer Höhe — bis 7 und 8 m — um die Stämme legte, um hiedurch neben den abspinnenden auch alle unterhalb dieser Ringe ausgeschlüpften Räupchen abzufangen; die Arbeit ist nur zu schwierig und zu teuer! —

Jederzeit ist die Nonnengefahr für Fichtenwaldungen größer als für Föhrenwaldungen, und während schon mehrfach die Ansicht ausgesprochen wurde, man könne für letztere die Bekämpfung eines Nonnenfraßes der Natur allein überlassen, wird man in Fichtengebieten doch stets mit allen zu Gebote stehenden Mitteln einem solchen entgegentreten.

§ 59. Die Föhreneule, Trachea (Panolis) piniperda (s. Taf. II Fig. 5). Männchen und Weibchen der Föhreneule sind gleich groß mit etwa 3,2—3,5 cm Flügelspannung und ziemlich überein gezeichnet, so daß nur die gewimperten Fühler und der schlankere Leib das Männchen von dem Weibchen, dessen Fühler fadenförmig sind, unterscheiden. Vorderflügel und Vorderleib sind braunrot, weißgelb gefleckt und gestrichelt mit je einem größern halbmondförmigen hellen Fleck, Hinterflügel und Hinterleib braungrau, erstere mit etwas hellerem Saum. Unterseite bläulichrot, auf den Vorderflügeln gegen die Basis schwarzgrau, auf den Hinterflügeln ein schwarzgrauer Punkt; Farbenvarietäten kommen nicht selten vor.

Die ausgewachsene Raupe wird bis zu 4 cm lang, ist gelbgrün mit weißen Längsstreifen und einem unter den Luftlöchern beiderseits stehenden gelben bis orangefarbigen Streifen, mit dunklem Kopf, sehr schwach behaart; die ersten beiden Bauchfußpaare sind in den ersten Entwicklungsstadien etwas verkürzt, und die Raupe geht dann spannerartig, spinnt in der Jugend auch Fäden.

Die Puppe, 1,6 cm lang mit zweidornigem After, ist anfangs mehr grünlich, später dunkelbraun gefärbt.

Der Schmetterling schwärmt sehr frühzeitig, Ende März oder Anfang April; das Weibchen legt seine Eier reihenweise zu 4—8 an die Nadeln in den Kronen ab, und die im Mai erscheinenden Räupchen beginnen sofort ihren Fraß, benagen zuerst die Nadeln, sie später bis zur Scheide verzehrend, und steigen bereits Ende Juli ausgewachsen vom Baum, sich unter der Bodendecke und, wo solche fehlt, in der Erde verpuppend und liegen hiebei auf der ganzen Bestandsfläche zerstreut. Die Zeit der Puppenruhe ist sonach eine sehr lange, umfaßt 8 Monate und darüber.

Die Föhreneule lebt nur auf Föhren und befällt zunächst Stangenhölzer; bei trockener warmer Witterung während ihrer Raupenzeit vermehrt sie sich bisweilen sehr bedeutend und hat wiederholt ausgedehnte Bestände in dem Maß beschädigt, daß sie zu den schädlicheren Forstinsekten zu zählen ist.

Glücklicherweise stehen mancherlei natürliche Hemmnisse der Vermehrung der Föhreneule im Weg; die fast nackte Raupe, die acht Monate lang am Boden liegende

Puppe haben eine Menge von Feinden jeder Art: Vögel, Raubkäfer, Ichneumonen und Tachinen, dann Schweine, Igel, Spitzmäuse; die Raupen sind namentlich zur Zeit der Häutung gegen naßkaltes Wetter empfindlich, und nicht selten geht durch solches ein großer Teil der Raupen rasch zugrunde. Insbesondere aber ist es Erkrankung infolge eines Pilzes (Entomophtora aulicae), durch welche wiederholt schon einem größern Fraß der Eule ein plötzliches Ende bereitet wurde — sämtliche Raupen des Fraßgebietes sterben in kürzester Zeit ab.

Es ist diese natürliche Hilfe um so höher anzuschlagen, als man vorbeugende Mittel gar nicht, solche der Vertilgung nur in beschränktem Maße anwenden kann. Am wirksamsten erweist sich der Eintrieb von S c h w e i n e h e r d e n in die befallenen Bestände nach erfolgter Verpuppung, da die Schweine den Puppen gierig nachgehen. — Auch das A n p r ä l l e n hat man in den Stangenhölzern angewendet, indem ein Arbeiter mit der Axt oder einer hölzernen Keule einige kräftige Schläge gegen die Stange — zur Vermeidung von Quetschwunden auf einen Aststummel — führt, während Kinder oder Weiber die herabfallenden Raupen von untergelegten Tüchern auflesen. Der Erfolg der immerhin kostspieligen Maßregel ist jedoch nur ein beschränkter. Auch die E n t f e r n u n g d e r S t r e u nach stattgehabter Verpuppung erweist sich günstig (s. § 60).

§ 60. D e r F ö h r e n s p a n n e r , Fidonia (Bupalus) piniaria (s. Taf. II Fig. 4). Das Männchen, ebenso groß wie das Weibchen, mit 3,2 cm Flügelspannung, ist durch die Färbung deutlich von letzterem unterschieden: gelb, mit breitem dunkelbraunem Rand und Querstreif, die Fransen der Flügel braun und gelb gefleckt; bei dem Weibchen dagegen ist die Grundfarbe der Flügel rotbraun, der Rand und die Querbinden auf den Flügeln ebenfalls dunkelbraun, die Flügelfransen hell und dunkelbraun gefleckt. Die Unterseite dagegen ist bei beiden Geschlechtern gleich, bräunlich mit dunkeln Querlinien, einem breiten, gelbweißen Längsstreif und zahlreichen braunen und weißen Fleckchen.

Die im ausgewachsenen Zustand 3,5 cm lange Raupe ist gelblichgrün mit weißen Längsstreifen, die sich auch über den Kopf fortsetzen; dicht unter den Luftlöchern beiderseits eine gelbe Seitenlinie, auf dem Bauch drei gelbe Längsstreifen.

Die Puppe ist 1,2 cm lang, jener der Eule sehr ähnlich, aber etwas kleiner und durch die einfache Hinterleibsspitze leicht zu unterscheiden.

Der Schmetterling schwärmt von Ende Mai bis Ende Juni, und sieht man das Männchen auch am Tag in unruhigem Flug am Bestandsrande. Das Weibchen legt nach der Begattung die hellgrünen Eier reihenweise an die Nadeln der Föhre in den Kronen ab, und es erscheinen anfangs Juli die kleinen Räupchen, welche zuerst die Nadeln nur benagen, später sägezähnig befressen, wobei die rasch braun werdende Mittelrippe stehen bleibt; die Baumkronen, in welchen der Fraß stets beginnt und von denen er abwärts rückt, erhalten hiedurch einen braunen mißfarbigen Ton. Die herangewachsenen Raupen fressen zuletzt auch die ganzen Nadeln, lassen die Spitzen aber vielfach herabfallen. Die Raupen spinnen, lassen sich auch zur Verpuppung nicht selten an einem Faden herab. Letztere erfolgt im Herbst, September und Oktober, in ähnlicher Weise wie bei der Eule unter dem Moos, den Nadeln oder bei deren Fehlen flach im Boden, wobei die Puppen gleichfalls zerstreut im ganzen Bestand umherliegen.

Der Spanner lebt nur auf der F ö h r e und befällt, auch in dieser Richtung der Eule ähnlich, in erster Linie die Stangenhölzer. Er ist stellenweise schon in sehr großer Masse aufgetreten, so 1893 bis 1895 in Bayern, und hat ausgedehnte Bestände stark durchfressen, selbst kahl gefressen und vernichtet; seine Schädlichkeit wird durch

seinen späten Fraß vermindert, da dann die Knospen fürs nächste Jahr bereits ausgebildet sind, so daß die Bestände sich wieder zu begrünen vermögen. Folgt aber in solchen schwach benadelten Beständen nochmals Kahlfraß, so gehen sie wohl stets zugrunde. Als Herde, von denen der Fraß ausgeht, erscheinen auch bei ihm namentlich trockene Sandrücken, die offenbar für die Ueberwinterung der Puppe die günstigsten Verhältnisse bieten.

Raupe und Puppe des Föhrenspanners haben die gleichen zahlreichen Feinde, wie jene der Eule, die nackten Raupen werden von Schmarotzern stark heimgesucht, sind gegen Witterungseinflüsse empfindlich und durch Krankheiten und Schmarotzerpilze wird die ganze vorhandene Raupen- und Puppenmenge oft rasch getötet.

Als Mittel der Vertilgung ist Schweineeintrieb zu empfehlen; bez. des auch schon angewendeten Raupensammelns durch Anprällen gilt das bei der Eule Gesagte. Auch Entfernen der Streu im Spätherbst wird empfohlen, und da nach Untersuchungen gelegentlich des letzten großen Spannerfraßes in Bayern 35 % der Puppen in der Moos- und Nadeldecke, 60 % in der Humusschichte und nur 5 % im Mineralboden lagen, so werden mit der Streu einerseits sehr viele Puppen beseitigt, die übrigen aber bloßgelegt und dadurch ihren mannigfachen Feinden zugänglicher gemacht.

§ 61. Der Kieferntriebwickler, Retinia buoliana (s. Taf. I Fig. 20). Bei diesem kleinen, bisweilen jedoch in ziemlicher Zahl auftretenden und dann für Föhrenschläge sehr schädlichen Insekt hat der Falter nur etwa 2 cm Flügelspannung; die schmalen Vorderflügel und der Vorderleib sind gelbrot mit silberweißen in der Mitte blauschillernden geschlängelten Querbinden und grauweißen Fransen, die Unterseite ist dunkelgrau, seideartig glänzend, an den Vorderrändern gelbrot und weiß gefleckt. Die Raupe ist ausgewachsen 1,4 cm lang, hellbraun mit kleinem glänzend schwarzem Kopf- und Nackenschild; die Puppe, schmutzig gelbbraun, ist etwa 8 mm lang.

Der Falter schwärmt Anfang Juli in den Abendstunden, und das Weibchen legt seine Eier einzeln an die Knospen der jungen Triebe und zwar nur jüngerer, 5—12-jähriger Kiefern, in welche sich das nach wenig Wochen erscheinende Räupchen einbohrt; doch wird bei der sehr geringen Größe des Räupchens der Fraß im Herbst kaum noch bemerkbar. Die noch schwach beschädigte Knospe — und zwar ist es in der Regel die am stärksten entwickelte Terminalknospe, welche befallen wird — beginnt im Frühjahr zu schieben, gleichzeitig wird aber der Fraß im Innern des Triebes mit zunehmendem Wachstum des Räupchens intensiver, und meist stirbt der handhoch gewordene Trieb ab, worauf dann der Fraß an den Seitenknospen und bezw. Trieben fortgesetzt wird, bis sich im Juni die Raupe im Innern eines von ihr ausgefressenen Triebes und zwar an dessen Basis verpuppt. Ein etwa unbeschädigt gebliebener Seitentrieb erhebt sich zum Haupttrieb, nicht selten aber senkt sich ein solcher nur mäßig beschädigter Trieb zuerst abwärts, sich dann wieder hebend und die Verwundung verheilend, wobei jedoch die beschädigte Stelle noch in höherem Alter durch eine eigenartige, oft sehr starke Krümmung erkenntlich ist. — Bisweilen finden sich in Kulturen die Pflanzen in solchem Maß befallen, daß kaum eine derselben normale Gipfelentwicklung zeigt und bei wiederholter Beschädigung werden die gegen Verletzungen an sich empfindlichen Föhren geradezu krüppelige, strauchartige Büsche.

Hält man in solchem Falle ein Eingreifen für angezeigt, so kann eine Vertilgung bezw. sehr starke Verminderung des Insekts durch Ausbrechen der absterbenden Triebe und Zerdrücken der Raupen und Puppen — Ende Mai und im Juni — erreicht werden.

In ähnlicher Weise schädigt der minder häufig auftretende Kiefernknospenwickler (Retinia turionana), dem Triebwickler auch äußerlich ähnlich und gleich ihm nur jüngere Föhren befallend, die betroffenen Individuen durch Ausfressen der Knospen, die dann meist schon als solche zugrunde gehen, sich überhaupt nicht mehr entwickeln.

§ 62. Der Harzgallenwickler, Retinia resinella. Der Falter dieses Insektes, das wir mehr wegen seines allenthalben, wenn auch in begrenzter Zahl erfolgenden auffallenden Auftretens und seiner eigentümlichen Lebensweise, als um des durch ihn verursachten Schadens willen aufführen, hat nur 1,6 cm Flügelspannung; Kopf, Rumpf und Vorderflügel sind kupfrig glänzend, bräunlich schwarz, die Flügel mit silbergrauen Querbinden und schwärzlichem Fransensaum, die Hinterflügel dunkelbraungrau mit hellgrauem Fransensaum; Unterseite dunkelbraungrau.

Die Raupe ist etwa 10 mm lang, gelbbraun, die Puppe 8 mm lang und dunkel, fast schwärzlich.

Der Falter fliegt im Mai und legt seine Eier einzeln unterhalb der Quirlknospen jüngerer Föhren und zwar vorwiegend der Seitentriebe des laufenden Jahres ab; nach einigen Wochen schlüpft das Räupchen aus und nagt sich durch die Rinde in den jungen Trieb ein, wobei das aus der Wunde fließende Harz eine erbsengroße weiche Galle bildet, in derem Innerem das Räupchen lebt. Im zweiten Jahr vergrößert sich durch Fortsetzung des Fraßes diese Galle etwa bis zur Kirschengröße, jedoch in etwas elliptischer Gestalt, und zeigt im Innern eine deutliche Scheidewand durch die Galle des ersten Jahres; die Wandung der weißen und nun sehr ins Auge fallenden Galle verdickt sich und wird härter, der Trieb selbst aber ist auf einer Seite im Innern der Galle bis aufs Mark befressen und stirbt häufig ab. Erst im April des dritten Jahres verpuppt sich die Raupe innerhalb der Galle, aus der sich die Puppe beim Ausschlüpfen mit dem Vorderteil hervorschiebt; das Insekt bietet also das für Schmetterlinge seltnere Beispiel einer zweijährigen Generationsdauer.

Der Schaden ist infolge des doch meist beschränkten Auftretens und des Umstandes, daß vorwiegend die Seitentriebe befallen werden, ein geringer und nur stellenweise bei großer Vermehrung fühlbar. Durch einfaches Zerdrücken der großen Gallen im Herbste kann eine Verminderung des Insekts erreicht werden.

§ 63. Der Fichtenrindenwickler, Grapholitha pactolana. Dieser kleine Wickler mit braunen, glänzend weiß gezeichneten Vorderflügeln und graubraunen Hinterflügeln ist stellenweise schon sehr schädlich aufgetreten. Der Ende Mai, Anfang Juni schwärmende Schmetterling legt seine Eier an die Rinde jüngerer Fichten, insbesondere schwächerer Stangen und zwar an die Quirle ab; die Räupchen bohren sich durch die Rinde ein, fressen in der Safthaut kurze unregelmäßige Gänge, wobei austretende Harztröpfchen und kleine Kothäufchen auf der Rinde ihre Anwesenheit verraten, und überwintern als Raupen, um sich Anfang Mai zu verpuppen. Die beschädigten Pflanzen und Stangen kümmern und gehen bei stärkerem Fraß auch ein. Als Gegenmittel empfiehlt sich das rechtzeitige Aushauen und Verbrennen der stärker befallenen Individuen; nach Altum kann bei noch beschränktem Fraß das Bestreichen der befallenen Stellen mit Raupenleim angewendet werden, wodurch die in der Rinde liegende Puppe sich nicht vorschieben, der Schmetterling nicht ausschlüpfen kann. In den meisten Fällen wird man auf Gegenmittel verzichten müssen.

§ 64. Der Fichtennestwickler, Grapholitha tedella. Derselbe gehört zu den nur mäßig schädlichen, aber bisweilen in größerer Menge auftretenden und durch die Art seines Fraßes auffallenden Insekten. Der kleine Schmetterling

mit gelbbraunen silberweiß durchzogenen Vorderflügeln fliegt im Mai und Juni in der Abenddämmerung, legt seine Eier an die Nadeln der Fichte und zwar vorzugsweise der äußern und untern Zweige sowohl von Pflanzen wie von älteren Stämmen. Die Räupchen bohren sich in die Nadeln ein, diese ausfressend und verspinnen deren mehrere zu einem kleinen mit Kot durchsetzten Nest; die Zweige sind oft dicht mit solchen Nestern bedeckt. Ende Oktober, ja selbst erst im November lassen die Raupen sich spinnend an den Boden herab, überwintern unter dem Bodenüberzug und verpuppen sich erst im Frühjahr. Gegenmittel lassen sich mit Erfolg nicht anwenden.

§ 65. Die Lärchenmotte, Coleophora laricinella. Der kleine grauschwarze Schmetterling schwärmt im Juni und legt seine Eier einzeln an die Nadeln der Lärche; das nach kurzer Zeit ausschlüpfende Räupchen bohrt sich in die Nadel ein, höhlt diese aus und bedient sich des leeren Spitzenteils als schützender Umhüllung, in der es an den Knospen und insbesondere den Zweigspitzen angeheftet überwintert und die es auch im Frühjahr, den Fraß an den erscheinenden Nadeln fortsetzend und namentlich deren obere Hälfte äußerlich befressend, nicht verläßt. In dem Sack verpuppt es sich dann auch Ende Mai, um nach ca. 3 Wochen sich zum Falter zu entwickeln und sofort zu schwärmen.

Die befressenen und ausgehöhlten Nadeln werden gelb und welk und die Beschädigung ist eine oft so bedeutende, daß die befallenen Stangen und Stämme — an Pflanzen tritt die Motte in viel minderem Maße auf — kaum eine gesunde Nadel mehr zeigen, statt grün vollständig mißfarbig erscheinen; nicht selten wird diese Beschädigung (in Verbindung mit jener durch Chermes laricis) von dem Unkundigen oder nicht genauer Untersuchenden für Folge von Spätfrösten gehalten, von denen aber erfahrungsgemäß die Lärche wenig leidet. Es ist erklärlich, daß die Zerstörung der Nadeln den Baum beeinträchtigen, wiederholte Entnadelung selbst sein Eingehen zur Folge haben kann, und Borggreve [1]) hält den Fraß der Lärchenmotte für eine Hauptursache der sog. Lärchenkrankheit. Man kann jedoch beobachten, daß die stark befressenen Stämme aus dem Innern der Nadelbüschel frische Nadeln nachtreiben und sich hiedurch, wie durch die Benadelung der Langtriebe, wieder leidlich begrünen.

Gegenmittel irgend welcher Art sind nicht anwendbar; bisweilen hilft die Natur durch Regenwetter zur Schwärmzeit, wobei viele der kleinen schwachen Falter zugrunde gehen.

III. Sonstige schädliche Insekten.

§ 66. Die gemeine Kiefernblattwespe, Lophyrus pini (s. Taf. I Fig. 17). Das Weibchen hat 1,6—1,8 cm Flügelspannung, kurze schwach gezähnte Fühler, schwarzen Kopf, ist im übrigen blaßgelb mit drei schwarzen Flecken auf dem Rücken und drei schwarzen neben einander liegenden Hinterleibsringeln; das wesentlich kleinere Männchen mit schön doppelt gekämmten Fühlern ist mehr schwärzlich mit gelblichen Beinen und rötlicher Hinterleibsspitze. — Die Raupen des der Gattung der Aderflügler (Hymenopteren) angehörigen Insekts sind Afterraupen mit 22 Beinen, schmutzig gelbgrün mit braunem Kopf und schwarzer Zeichnung über den Bauchfüßen; bei der Berührung schnellen sie den Vorderleib in eigentümlicher Weise zurück. — Die Puppe, welche schon die sämtlichen Teile der Blattwespe zeigt, liegt in einem lederartigen dunkelbraunen Tönnchen, das entweder in den Rindenritzen der untern Stammteile oder am Boden, unter dem Moos sich findet und von welchem

1) A. F.- u. J.-Z. 1871 S. 133.

die Wespe beim Ausschlüpfen einen kreisrunden Deckel abschneidet. (Nicht selten zeigt das Tönnchen statt dessen ein seitliches kleines Loch — das Flugloch eines Ichneumons.)

Die Generation der Kiefernblattwespe ist der Regel nach eine doppelte, doch finden von dieser Regel nicht selten Abweichungen statt.

Das erstmalige Schwärmen findet Ende April, Anfang Mai statt, und das Weibchen legt seine Eier, 120 und mehr, partienweise an die Kanten der Nadeln, die es mit seinem sägeförmigen Legebohrer aufschneidet, und verklebt die Einschnitte nach Ablegung der Eier mit etwas schaumigem Schleim. Die nach einigen Wochen erscheinenden Räupchen fressen, so lange sie klein sind, zu zweien an einer Nadel, die Mittelrippe stehen lassend, später aber die ganze Nadel unter Zurücklassung eines Stumpfes und gehen nur im Notfalle an die jungen Triebe. Der partienweisen Eierablage entsprechend hängen sie klumpenweise an den Zweigen und finden sich insbesondere an den Bestandsrändern, schlechtwüchsigem Kieferngestrüpp, bei größerer Vermehrung aber allenthalben mit Verschonung der eigentlichen Schläge, stets nur an der Föhre.

Etwa Anfang Juli verpuppen sich die Larven, ihre Tönnchen an die Rinde, auch Aeste und Nadeln klebend; die meist nach wenig Wochen ausfliegenden Wespen setzen eine zweite Brut ab, die bis zum Spätherbst fressend sodann am Baum herabkriecht, um sich möglichst geschützt unter dem Moos ihre Tönnchen zu fertigen, in welchen die Larven als solche bis zum Frühjahr liegen, erst dann sich eigentlich verpuppend. Bei starkem Frost liegen die Cocons oft in ganzen Klumpen beisammen. Es finden jedoch von der eben geschilderten Entwicklung nicht unwesentliche Abweichungen dadurch statt, daß bisweilen ein größerer oder kleinerer Teil der Larven längere Zeit, selbst ein Jahr und darüber, aus unbekannten Gründen ohne sich weiter zu entwickeln in den Tönnchen liegen bleibt.

Die Kiefernblattwespe, unter günstigen Umständen sich stark vermehrend, hat stellenweise die Föhrenbestände schon stark beschädigt; der Schaden wird dadurch geringer, daß die diesjährigen Triebe nur ausnahmsweise angegangen werden, hiedurch einerseits also nur selten Kahlfraß eintritt, anderseits die Möglichkeit der Knospenausbildung fürs nächste Jahr gegeben ist.

Zahlreiche natürliche Feinde der Blattwespe reduzieren glücklicherweise deren Zahl; Wespen wie die nackten Afterraupen werden von insektenfressenden Vögeln verzehrt, die Schweine fressen ebenfalls die zur Verpuppung herabkriechenden Raupen, verschmähen aber die Kokons, aus welch letzteren sich dagegen Eichhörnchen und Spitzmäuse gerne die Larven holen. Die Zahl der letzteren wird auch noch durch Insekten jeder Art, durch Tachinen und Ichneumonen vermindert, mehr aber unter Umständen durch die Witterung, indem bei anhaltend naßkaltem Wetter oft ein großer Teil zugrunde geht.

Es ist dies um so günstiger, als uns wirksame Verhütungs- und Vertilgungsmittel nur in geringem Maß zur Verfügung stehen; man hat ihre Zahl durch Sammeln oder durch Zerquetschen der klumpenweise beisammensitzenden Larven an niedern Büschen und Bestandsrändern zu verringern gesucht, Schweine während der kurzen Zeit des Absteigens der Larven von den Bäumen zum Zweck der Verpuppung eingetrieben, zahlreiche mit Raupenleim bestrichene Pfähle zum Fangen der schwärmenden Wespen aufgestellt — doch wird der Erfolg stets nur ein geringer sein und in den meisten Fällen auf solche Hilfsmittel verzichtet werden müssen.

Neben der eben geschilderten fressen noch zahlreiche andere Blattwespen — L. rufus, pallidus, similis — an den Kiefern. — Auch an Fichten und Lärchen

fressen einige Blattwespenarten (Nematus), ohne jedoch nennenswerten Schaden anzurichten.

§ 67. Die Gespinstblattwespen, Lydae. Im allgemeinen wenig schädlich, mögen sie doch um ihres auffallenderen Auftretens willen Erwähnung finden. Sie unterscheiden sich von der eben besprochenen Kiefernblattwespe namentlich dadurch, daß die Larven nur drei Paar Brustfüße und ein Paar sog. Nachschieber haben, während die Bauchfüße verkümmert sind, und daß sie stets in einem Gespinst leben, welches sich dem Zweig entlang zieht und teils durchsichtig ist, meist aber durch Nadelreste und namentlich durch den Kot undurchsichtig, zu einem sog. Kotsack wird. Die Verpuppung erfolgt in der Erde, zu der sie sich meist an einem Faden herablassen, und überwintern die Larven als solche, sich erst im nächsten Jahre verpuppend, häufig aber gleich der Kiefernblattwespe ein volles Jahr und länger unverpuppt liegend. Als häufigere Arten seien erwähnt:

Die gelbe Kotsackblattwespe, Lyda campestris, deren Larve einzeln an den jungen Trieben 3—6jähriger Kiefern und Weymouthskiefern in einem dichten Kotsack lebt. Tritt sie an letzterer Holzart in Forstgärten auf, so wird man sie durch Abstreifen der Kotsäcke vernichten.

Die rotköpfige Kiefernblattwespe, Lyda erythrocephala, lebt zu 3 bis 4 Stücken in einem ebenfalls mit Nadel- und Kotresten etwas verdichteten Gespinst an jüngeren Föhren und Weymouthskiefern.

Die bunte Kotsackblattwespe Lyda pratensis, ist da und dort in ältern Föhrenbeständen in solcher Masse erschienen, daß Abfressen aller ältern Nadeln, selbst vollständiger Kahlfraß die Folge war.

Die Fichtengespinstblattwespe, Lyda hypotrophica, ist schon wiederholt (zuletzt in den Jahren 1893 und 1894) in älteren Fichtenbeständen in großer Zahl aufgetreten, die Bestände schwer schädigend und selbst zerstörend. Die teils grünen, teils gelben Larven leben in zuletzt bis kindskopfgroßen Gespinsten beisammen, baumen im August und September ab und liegen unverpuppt bis 2½ Jahre im Boden, sich endlich verpuppend; im Mai schwärmen die Wespen, die schwerfälligen Weibchen fliegen die Bäume tief unten an, um dann die Baumkrone kriechend zu erreichen und dort ihre Eier an die Nadeln abzulegen. Durch in Brusthöhe angebrachte Leimringe kann man einen großen Teil derselben abfangen, doch macht die Natur durch Schmarotzer und Erkrankung der im Boden liegenden Larven der Kalamität zumeist ein mehr oder minder rasches Ende.

§ 68. Die Maulwurfsgrille, Gryllotalpa vulgaris (s. Taf. I Fig. 13). Dieses eigentümlich gestaltete, wohl allbekannte Tier, ausgezeichnet durch ein Paar maulwurfsartige Grabfüße, denen es auch seinen Namen verdankt, lebt meist unterirdisch und zwar in überwiegendem Maße von animalischer Nahrung, wird aber durch Zerstören der Pflanzenwurzeln beim Graben seiner Gänge in Saatbeeten oft sehr lästig. Es gehört zur Klasse der Geradflügler und hat eine unvollkommene Verwandlung, bei der also ein eigentlicher Puppenzustand fehlt.

Die Paarzeit ist im Mai und Juni, und locken sich die Geschlechter in den Abendstunden durch ein eigentümliches Schrillen. Die Ablage der Eier erfolgt in einer Höhlung in einem bis faustgroßen, durch Schleim zusammengekitteten Ballen etwa 8 bis 10 cm unter der Erde, und ist die Zahl der Eier oft eine sehr große, bis zu 200 Stück. Die Larven, anfangs weiß, später bräunlich und schon bald dem Imago ähnelnd, zerstreuen sich nach einiger Zeit, Nahrung suchend, im Boden und entwickeln sich, nachdem sie unter der Erde überwintert, bis zur Paarzeit zum fertigen Insekt, das also eine einjährige Generationsdauer hat.

Zum Suchen ihrer Nahrung wühlt sich nun die Werre mit Hilfe ihrer Grabfüße lange, flach verlaufende Gänge, welche in lockerem Boden durch leichtes Heben der Erde an der Oberfläche sichtbar werden, und zerstört hiebei durch Zerreißen mit ihren Grabfüßen, wohl auch durch Abbeißen aller ihr im Weg befindlichen Pflanzenwurzeln (nach Nördlingers Angabe frißt sie diese auch) und wird hiedurch wie auf Feldern, so namentlich in den Saatbeeten, insbesondere für unsere schwachen Nadelholzkeimlinge oft lästig und schädlich, so daß man zu ihrer möglichsten Vertilgung genötigt ist.

Diese letztere erfolgt nun nach unsern eigenen Erfahrungen am sichersten in der Weise, daß man dem frisch entdeckten Werrengang mit dem eingeschobenen Finger folgt, bis er sich zur Tiefe senkt; mit einem Reis sucht man dessen weitere Richtung und legt den Gang mit dem Spaten bloß — an dessen Ende, oft schuhtief im Boden, sitzt die Werre.

Man hat weiter das Aufsuchen der Nester, die sich durch Zusammenlaufen mehrerer Röhren und absterbenden Pflanzenwuchs markieren sollen (aber doch nicht leicht zu finden sind!), das Eingraben von Blumentöpfen oder Blechgefäßen, mit dem obern Rand dem Boden gleich, zum Fang der namentlich zur Paarzeit des Nachts oberirdisch herumlaufenden Werren, endlich auch das Vernichten der zur Paarzeit schrillenden Tiere, indem man sie mit einem Hackenschlag aus dem Boden wirft, empfohlen. Auch das Eingießen eines Kaffeelöffels Oel oder Petroleum in die frischen, nach Regenwetter leicht kenntlichen Gänge, und Nachgießen von Wasser so lange, bis die letztern gefüllt erscheinen — die Werren erscheinen ölglänzend an der Erdoberfläche — soll sich als Vertilgungsmittel bewähren (Ney).

B. Laubholz-Insekten.

I. Käfer.

§ 69. Die Laubholzborkenkäfer überhaupt. Auch im Laubholz kommen eine Anzahl Borkenkäfer verschiedener Art vor, jedoch in viel minderer Zahl als in den Nadelhölzern und in viel minderer Schädlichkeit, indem einerseits die an sich reproduktionsfähigeren Laubhölzer erlittene Beschädigungen leichter ausheilen, anderseits eine Anzahl der Laubholzborkenkäfer mehr im Holz als im Bast lebt, hiedurch technisch, nicht aber physiologisch schädlich wird. Nebenbei sehen wir sie wenigstens teilweise mehr in einzeln stehenden älteren, oft schon schadhaften Stämmen, in Alleen, Anlagen, als im geschlossenen Wald auftreten; die meisten sind polyphag, finden sich bald an dieser, bald an jener Holzart. Wir beschränken uns auf Anführung einiger der häufigeren und schädlicheren Arten:

Der bunte Eschenbastkäfer, Hylesinus fraxini, und der schwarze Eschenbastkäfer, H. crenatus, leben beide vorwiegend in der Esche und bringen durch den Fraß ihrer Larven in der Basthaut die befallenen Stangen und Stämme bisweilen zu raschem Absterben; charakteristisch sind die Muttergänge, bei beiden Wagegänge, von ersterem doppelarmig, von letzterem einarmig.

Der ungleiche Laubholzborkenkäfer, Xyleborus dispar, befällt zwar in erster Linie schadhafte ältere Eichen und Buchen, sowie schadhafte Stämme anderer Holzarten, in welchem Falle der durch ihn angerichtete Schaden kein nennenswerter ist; dagegen hat er sich wiederholt schon sehr schädlich in Eichenheisterpflanzungen gezeigt, indem er die Stämmchen in großer Zahl befällt, sich in deren Inneres einbohrt und sie behufs Absatz seiner Brut durchlöchernd hiedurch

zum Kränkeln und Absterben bringt. Ausreißen und Verbrennen der Heister würde das hier anzuwendende Schutzmittel gegen weiteren Schaden sein.

Vorwiegend in Ulmen und namentlich ältere Alleebäume schädigend treten der große und kleine Ulmensplintkäfer, Scolytus destructor und multistriatus auf, deren Larven die Basthaut der befallenen Stämme zerstören; beide Muttergänge sind Lotgänge.

§ 70. Die Bockkäfer, Cerambycidae. Die zahlreiche Familie der Bockkäfer, wenn auch nur da und dort merklich schädlich, tritt doch im Walde so häufig auf, ihre Larven und deren Fraß fallen so vielfach ins Auge, daß deren Erwähnung wohl als zweckmäßig erscheint.

Sie gehören zu den technisch schädlichen Insekten. Die Käfer, teilweise durch ansehnliche Größe, lange Beine und oft sehr lange Fühler ausgezeichnet, erscheinen im Sommer und legen ihre Eier an oder in die Rinde ab. Die Larven, weiß oder weißgelb, meist beinlos, mit kräftigen hornigen Oberkiefern, fressen anfänglich mehr oberflächlich, später tiefer im Holz, die breiten und flachen Gänge sind voll Wurmmehl; die Verpuppung erfolgt nach zwei und selbst mehr Jahren in einer etwas mit Spänen ausgepolsterten Wiege, das Ausfliegen des Käfers durch ein elliptisches, schief stehendes Flugloch. Die Käfer selbst sind vollständig unschädlich.

Vielfach sind es bereits schadhafte Stämme und zwar vorwiegend von Laubhölzern, welche vom Bockkäfer mit seiner Brut besetzt werden, und der Schaden ist dadurch ein geringer, doch finden auch Ausnahmen durch Besetzen gesunder Stämme mit Brut statt. Immerhin werden Maßregeln irgend welcher Art gegen Bockkäfer nicht nötig werden.

Als häufigere und forstlich interessantere Arten seien genannt: Der große Eichenbockkäfer, Cerambyx (Hammaticherus) heros, dessen kolossale, bis 7 cm lange, durch starke Rückenplatten ausgezeichnete Larven in alten Eichen und zwar meist in gesundem Holz leben, das durch die zuletzt fingerdicken Larvengänge natürlich zu jeder bessern Verwendung unbrauchbar wird; der Käfer ist 4—5 cm lang, schwarz mit sehr langen Fühlern.

An den jüngeren Aspen fallen die knotigen Auftreibungen ins Auge, welche durch den Fraß der in ihnen lebenden Larven des Aspenbockkäfers, Saperda populnea erzeugt werden; in dem Pappelholz leben die Larven des großen Pappelbocks, Saperda carcharias (s. Taf. I Fig. 6), eines bis 3 cm langen gelbbraunen Käfers mit schwarz punktiertem Hals und Flügeldecken.

Als eine im Nadelholz lebende schädlichere Art sei hier noch der Fichtenbockkäfer, Callidium luridum, genannt; die Larve frißt zuerst in der Safthaut gesunder älterer Fichten, erst später tiefer ins Holz gehend, und bringt durch erstere Art des Fraßes, wenn in größerer Zahl an einem Stamm, diesen rasch zum Kränkeln und Absterben. Sofortige Fällung und Entfernung der befallenen Stämme — kenntlich durch Harzausfluß und Welken der Benadelung — ist zu empfehlen.

Als eine ganz unschädliche, aber allenthalben vorkommende Art sei noch der Zangenbock, Rhagium indagator, genannt, dessen große, gelbweiße Larven mit breiten, wurmmehlgefüllten Gängen sich überall unter der Rinde bereits gefällter oder abgestorbener Nadelhölzer, namentlich Föhren, finden.

§ 71. Die Laubholzrüsselkäfer, Curculionidae. Von der sehr zahlreichen Familie der Rüsselkäfer lebt nur eine kleinere Zahl auf Nadelhölzern, hier allerdings bisweilen sehr schädlich werdend (vergl. § 52—55), eine viel größere Zahl aber auf Blattgewächsen jeder Art, so auch auf unsern Laubhölzern. — Charakteristisch ist wenigstens für die Mehrzahl der Rüsselkäfer der in einen bald sehr

langen und feinen, bald in einen kürzern und stumpfen Rüssel ausgezogene Kopf des Käfers; letzterer wird durch Befressen von Pflanzenteilen bald mehr, bald weniger schädlich, bei manchen Arten sind es auch die Larven, welche im Innern der Gewächse zerstörend auftreten.

In Pflanzgärten, Kulturen und Schlägen richten eine Anzahl solcher Käfer, nach ihrer Färbung als grüne oder graue Rüsselkäfer bezeichnet und zu den Gattungen Phyllobius, Polydrosus, Strophosomus u. a. gehörig, durch Benagen und Zerstören der Knospen und Befressen der Blätter einen oft nicht unbedeutenden Schaden an, ohne daß jedoch gegen die an sich wenig ins Auge fallenden Käfer, welche sich bei der leisesten Berührung des Gewächses, auf dem sie sitzen, sofort zur Erde fallen lassen, etwa durch Sammeln viel auszurichten wäre.

Als ein stellenweise in Buchenwaldungen in großer Menge auftretender kleiner Rüsselkäfer sei noch der winzige Buchenspringrüsselkäfer, Orchestes fagi, genannt; die Larve beschädigt durch ganz eigentümliche Miniergänge die Buchenblätter, deren befressenen Teil zum Absterben bringend, so daß die Schläge wie vom Frost versengt aussehen; auch ältere Randstämme zeigen sich vielfach beschädigt. Der Käfer selbst benagt und durchlöchert die Blätter und Fruchtkapseln.

Zu nennen wäre hier auch noch der Eichenrüsselkäfer, Balaninus glandium, dessen Larve in den Eicheln und Haselnüssen lebend diese Früchte zerstört.

§ 72. Die Prachtkäfer, Buprestidae. Diese bei uns meist nur in kleineren Arten vorkommenden Käfer, welche ihren Namen von der bei der Mehrzahl schönen metallisch glänzenden Farbe haben, werden nur durch den Fraß ihrer Larven schädlich. Diese Larven, welche weich, weiß und fußlos den Bockkäferlarven ähneln und sich von diesen durch den stark verbreiterten ersten Leibesring und meist auch durch zwei nach hinten gerichtete Hornspitzen am After unterscheiden, fressen zwischen Holz und Rinde unregelmäßig geschlängelte, mit Bohrmehl fest ausgestopfte Gänge, an deren Ende sie sich in kleinen Splintwiegen verpuppen. Die Generation der Prachtkäfer ist mindestens 2jährig, vielleicht noch länger; der fertige Käfer fliegt durch ein seitlich platt gedrücktes Flugloch aus.

Einzelne Arten der zahlreichen Familie sind schon in empfindlicher Weise schädigend aufgetreten:

Der Eichenprachtkäfer, Chrysobotris affinis, kupferbraun, 11—14 mm lang, legt seine Eier vorzugsweise an schwächere Eichen, Stangen und Heister, und hat durch den die Safthaut zerstörenden Fraß seiner Larven in Heisterpflanzungen stellenweise schon erheblichen Schaden angerichtet. Seine Generation scheint mindestens dreijährig zu sein. — Aehnlich schadet Agrilus tenuis.

Der grüne Buchenprachtkäfer, Agrilus viridis (s. Taf. I Fig. 15), vorwiegend blau oder grün metallisch glänzend, 5—8 mm lang, beschädigt in gleicher Weise insbesondere Buchenheister, findet sich aber auch an stärkeren Stämmen und anderen Holzarten.

Bei beiden Insekten wird Ausreißen und Verbrennen der kränkelnden Heister wenigstens als Vorbeugungsmittel gegen weitern Schaden zu betrachten sein.

§ 73. Die Blattkäfer, Chrysomelidae. Die Käfer, meist von gedrungenem, stark gewölbtem Körperbau, geringer Größe und bunter, vielfach metallisch glänzender Farbe, kommen in unsern Waldungen auf einer Anzahl Holzgewächse in oft sehr auffälliger Weise vor und mögen, wenn auch minder schädlich, daher hier kurz erwähnt sein.

Sowohl Larven wie Käfer benagen die Blätter, diese skelettisierend, indem sie Rippen und Adern stehen lassen und nur das Parenchym dazwischen herausfressen,

so daß ihr Fraß nicht wohl mit jenem anderer Insekten verwechselt werden kann. Von unsern Holzgewächsen sind es namentlich eine Anzahl minder wichtiger, ja selbst stellenweise lästiger Weichhölzer, die von Blattkäfern befressen werden, so Aspen, Pappeln, Salweiden, Erlen, so daß der Schaden nur ein geringer ist; schädlicher werden einige vorwiegend auf Weiden lebende Arten in den Weidenhegern. Als die häufigst vorkommenden mögen genannt sein:

Der blaue Erlenblattkäfer, Agelastica alni, von stahlblauer Farbe, im Mai als Käfer, später als Larve die Erlenblätter benagend; in Erlensaatbeeten kann er sehr lästig werden und hat, nach Kahlfraß älterer Pflanzen die Keimlinge befressend, letztere da und dort zum Absterben gebracht. Sammeln der Käfer kann in solchem Fall wohl in Anwendung gebracht werden.

Sehr in die Augen fallend durch die rote bis braunrote Färbung der Flügeldecken sind der rote Pappelblattkäfer, Lina populi (s. Taf. I Fig. 14), und der Aspenblattkäfer, Lina tremulae, auf Aspen und andern Pappelarten, auch Weiden lebend. In den Weidenhegern macht dieser Käfer, und ebenso der gelbbraune Salweidenblattkäfer, Galeruca capreae, dann der kleine erzgrüne Weidenblattkäfer, Chrysomela vitellinae, oft bedeutenden Schaden und sucht man sie hier durch Abstreifen in Körbe oder Karren möglichst zu sammeln und zu vernichten [1]).

Endlich wäre der in Forstgärten oft sehr lästige Erdfloh, Haltica erucae, weil ebenfalls hieher gehörig, zu nennen, der durch Zerfressen der Kotyledonen aufgehende Saaten zerstören kann und den man durch Bestreuen der Beete mit Asche oder Kalk und durch Begießen derselben mit verdünnter Karbolsäure zu vertreiben sucht.

§ 74. Die spanische Fliege, Lytta vesicatoria (s. Taf. I Fig. 16). Ein Insekt, das nur seltener merklich schädlich auftritt, doch um seiner auffallenderen Erscheinung willen Erwähnung verdienen dürfte. Der 1,2—3 cm lange Käfer ist schön smaragdgrün mit weichen Flügeldecken, fliegt im Juni und legt seine Eier in die Erde, wo die Larven in den Nestern von Blumenbienen zu leben scheinen — auffallender Weise ist ihre Entwicklung noch nicht genauer erforscht. — Die im Juni oft in noch unerklärter Weise plötzlich in großer Menge erscheinenden, stark riechenden Käfer befallen insbesondere Eschen, sie bei großer Zahl oft völlig kahlfressend und dadurch im Wuchs zurücksetzend; selbst vollständiges Absterben kann die Folge sein. Auch verschiedene Sträucher, wie Liguster, Geisblatt, Spiräen dienen eventuell zur Nahrung.

An Eschenkulturen und in Saatbeeten sucht man durch Abschütteln die Käfer zu sammeln und zu vernichten, was ohne große Mühe ausführbar ist; die gesammelten Käfer können in Apotheken verkauft werden, woselbst sie infolge eines in ihnen enthaltenen Stoffes (Cantharidin) zu Blasenpflaster verwendet werden.

II. Schmetterlinge.

§ 75. Der Buchenspinner oder Rotschwanz, Orgyia pudibunda (Taf. II Fig. 3). Das Männchen dieses Schmetterlings hat etwa 4,5 cm, das Weibchen 5 bis 6 cm Flügelspannung; das erstere ist noch insbesondere durch die gekämmten gelbbraunen Fühler kenntlich, während die Färbung eine nahezu gleiche ist: Vorderflügel rötlichweiß oder grauweiß mit zwei braungrauen schmalen Querlinien,

1) S. Krahe, Lehrbuch der Korbweidenkultur.

Hinterleib und Hinterflügel etwas heller mit verwaschenem Bindefleck, Unterseite durchaus weiß mit einer die Flügel durchziehenden grauen Querlinie.

Die Raupe wird ausgewachsen etwa 4 cm lang, mit anfänglich grüngelber, später mehr rötlicher Färbung, 4 starken gelbgrauen Haarbürsten auf dem 4ten bis 7ten Leibesring, starkem rotbraunem Haarbüschel auf dem vorletzten Ring (daher der Name „Rotschwanz"), zwischen den mit Bürsten besetzten Leibesringen samtschwarzen, bei dem Zusammenrollen der Raupe stark hervortretenden Ligamenten. — Die Puppe, dunkelbraun, mit graugelber Behaarung, liegt in einem mit Haaren durchwebten losen Kokon.

Die Schwärmzeit ist Ende Mai, Anfang Juni, und legt das Weibchen die anfangs graugrünen, später braungrauen Eier in einer oder mehreren Partien und im ganzen bis zu 300 Stück an die Rinde stärkerer Buchen meist in geringer Höhe über dem Boden ab. Die nach etwa 3 Wochen erscheinenden behaarten Räupchen verzehren zunächst ihre Eihüllen, hiebei ähnlich den Nonnenräupchen einige Tage beisammen sitzend, und besteigen sodann den Baum, die Blätter zuerst nur benagend, später stärker befressend und schließlich meist die stark befressenen Blätter am Stiel abbeißend; sie setzen ihren Fraß etwa bis zum September fort und steigen dann in der Regel vom Baum herab, um sich in einem Kokon in der Laubdecke, am Gestrüpp, seltener an Zweigen zu verpuppen und so zu überwintern.

Der Rotschwanz kommt vor allem auf Buchen und zwar in den älteren Beständen vor, im Notfall jedoch auch andere Laubhölzer befressend. Er tritt in Buchenbeständen bisweilen in solchen Massen auf, daß die Bestände vollständig kahl gefressen werden — der Umstand aber, daß seine Hauptfraßzeit in den Spätsommer und Herbst fällt, in welchem die Knospen fürs kommende Jahr bereits vorgebildet sind, vermindert den Schaden wesentlich, beschränkt ihn auf Zuwachsverlust, ev. auf Beeinträchtigung einer etwa in Aussicht gewesenen Mast. Zudem hat man beobachtet, daß ein Raupenfraß fast stets im zweiten Jahr zu Ende geht und daß insbesondere parasitische Pilze, in den Raupen auftretend, diese in kurzer Zeit fast völlig verschwinden lassen.

An manchen Orten, wo der Rotschwanz wiederholt und in beunruhigender Weise auftrat, hat man das Sammeln der zur Verpuppung herabsteigenden Raupen und der Kokons versucht, jedoch mit geringem Erfolg; guten Erfolg dagegen hat nach Altums Mitteilung der Versuch gehabt, die in geringer Höhe über dem Boden abgesetzten und auf der glatten Buchenrinde leicht sichtbaren Eihäufchen mittelst eines Pinsels mit Oel zu überstreichen, wodurch sämtliche Eier zugrunde gingen. In der Regel wird man auf Mittel der Abwehr verzichten.

§ 76. Der Prozessionsspinner, Cnethocampa processionea. Größe des Schmetterlings beim Männchen etwa 3,2, beim Weibchen bis 4 cm; die Vorderflügel bräunlich-grau mit zwei dunkleren Querbinden, die Hinterflügel gelblich-weiß mit braun-grauer, etwas verwaschener Querbinde, wobei die Färbung des Männchens meist etwas schärfer und lebhafter ist.

Die Raupe wird bis 3,5 cm lang, ist blaugrau oder rötlich-grau mit großen braunen Samtflecken auf dem Rücken; sie zeigt auf jedem Ringel 10 rötliche Knopfwärzchen, die mit langen hellen Haaren besetzt sind. Die rotbraune, stumpf abgerundete Puppe liegt in einem tonnenförmigen Kokon in dem gemeinsamen großen Gespinst.

Die Schwärmzeit des Schmetterlings ist im August und fliegt derselbe in den späten Abendstunden. Das Weibchen legt nach der Begattung seine sehr zahlreichen Eier, bis zu 200 Stück, meist in einer Partie an die Rinde älterer Eichen ab, sie

mit etwas Afterwolle überziehend; die Eier überwintern und etwa Anfang Mai schlüpfen die Räupchen aus, nun ihren eigentümlichen Fraß beginnend. Stets beisammen bleibend sitzen sie unter Tags dicht gedrängt in einem gemeinsamen, an geschützter Stelle, unter einem starken Ast oder sonst am Stamm hängenden, anfänglich kleinen, allmählich größer werdenden Gespinst, das sie zum Zweck des Fraßes meist gegen Abend verlassen. Zu diesem Fraß setzen sie sich in geschlossener Ordnung in Bewegung; der Zug pflegt mit e i n e r Raupe zu beginnen, nach der Mitte zu breiter zu werden und wieder mit einer einzelnen Raupe zu enden; die Raupen marschieren in steter Fühlung miteinander, suchen jede Unterbrechung ihres Zuges rasch wieder auszugleichen und bezeichnen ihren Weg durch einzelne Gespinstfäden. Nach geschehenem Fraß kehren sie wieder in ihr Gespinst zurück, in dem sie sich auch häuten, und durch die zunehmende Größe der Raupen, die in dem Gespinst hängenden Raupenbälge und Kotreste erreicht letzteres zuletzt selbst Kindskopfgröße; nicht selten vereinigen sich auch mehrere Familien zu großen Gesellschaften. Im Juli findet die Verpuppung in dem Gespinst statt, und nach 2—3 Wochen fliegt der Schmetterling aus.

Der Prozessionsspinner tritt in manchen Gegenden, so in Nordwestdeutschland, ziemlich häufig und in entschieden waldschädigender Weise auf, letzteres zumal dann, wenn sich der Fraß rasch wiederholt. Es ist fast nur die Eiche, die von ihm zu leiden hat, und man hat beobachtet, daß es namentlich frei stehende Stämme, Oberholz im Mittelwald, Randbäume sind, die in erster Linie befallen werden. Stärkerer Fraß wird stets Zuwachsverlust zur Folge haben, kann aber im Wiederholungsfall zum Kränkeln und endlichen Absterben führen.

Die Vertilgung des Insekts, die bei großer Vermehrung wohl angezeigt sein kann, wird durch das gesellige Zusammenleben, die in die Augen fallenden großen Gespinste erleichtert und erfolgt durch Zerstörung der letztern, am besten wohl durch Verbrennen mittelst eines an entsprechend langer Stange befestigten Büschels Werg, der mit Petroleum befeuchtet ist; die Gespinste liegen in verschiedener Höhe am Baum, viele tief unten, die meisten wohl nicht über 10 m hoch. Gegen hoch oben befindliche Nester läßt sich (nach Altum) selbst ein Flintenschuß mit wenig Pulver und starker Ladung Vogeldunst anwenden.

Bei der Vertilgung der Raupen, wie bezüglich der befallenen Distrikte überhaupt ist aber besondere Vorsicht geboten: die Haare (und zwar nach Nitsches Untersuchungen die mikroskopisch kleinen Härchen auf den Samtflecken des Rückens) rufen auf der Haut entzündliche Erscheinungen hervor, können, in Nase oder Mund von Menschen oder Weidetieren gelangend, sehr unangenehme Folgen haben. Die mit dem Vertilgen betrauten Arbeiter haben sich dementsprechend durch Handschuhe und vor Mund und Nase gebundenes Tuch zu schützen, auch den Luftzug zu beachten, durch den beim Abnehmen oder Verbrennen der Gespinste die Haarfragmente wegwärts vom Arbeiter getrieben werden sollen. Für Nutzungen jeder Art: Beeren, Gras, Weide — schließt man die betr. Distrikte.

Natürliche Feinde hat die stark behaarte Raupe außer Ichneumonen wenige; während des Winters werden wohl durch Meisen eine nicht geringe Zahl von Eiern vernichtet.

Erwähnung dürfte noch der im nordöstlichen Deutschland auftretende K i e f e r n - P r o z e s s i o n s s p i n n e r, Cn. pinivora, verdienen.

§ 77. S o n s t i g e S p i n n e r a u f L a u b h o l z. Von Spinnern, welche außer den eben genannten noch auf Laubholz bisweilen in großen Massen und dadurch schädlich auftreten, die Aufmerksamkeit des Forstmannes in Anspruch nehmen, dürften zu nennen sein:

Der Schwammspinner, Liparis dispar (s. Taf. II Fig. 6), auffallend durch den Größenunterschied der Geschlechter, indem das schmutzig gelb-weiße mit dunklen Zickzackbinden gezeichnete Weibchen bis doppelt so groß ist, als das graubraune, ähnlich gezeichnete Männchen. Ersteres legt zur Schwärmzeit (August, September) seine 3—400 Eier an die Rinde, meist tief am Boden und überzieht sie mit etwas graugelber Afterwolle, so daß das Ganze einem kleinen Baumschwamm ähnlich sieht. Im Frühjahr schlüpfen die Räupchen aus und erwachsen zu großen, starbkehaarten Raupen, die auf beiden Seiten einer gelblichen Rückenlinie auf den 5 vordern Leibesringen blaue, auf den 6 folgenden rote, große Knopfwarzen zeigen und sich im Juli und August in einem leichten Gespinst zwischen Rindenritzen oder Blättern verpuppen. Die Puppe ist tief braun mit heller Behaarung.

Die außerordentlich polyphage Raupe findet sich besonders an Obstbäumen, aber auch an Waldbäumen und Sträuchern jeder Art, insbesondere an Eichen, Buchen, Linden; im Notfall geht sie selbst an Nadelholz. Sie tritt bisweilen überraschend in großer Zahl auf, hat Kahlfraß an Eichenbeständen in großer Ausdehnung verursacht, ausnahmsweise selbst Nadelholzkulturen zerstört; in Nordamerika ist sie geradezu als Landplage aufgetreten.

Als Mittel der Abwehr hat man das Zerstören der leicht sicht- und erreichbaren Eierschwämme durch Abkratzen, Ueberstreichen mit Raupenleim und neuerdings durch Tränken mit Petroleum mittelst eines einfachen Apparates [1]) angewendet. Zumeist hilft aber auch bei diesem Insekt die Natur rasch und der Fraß geht ohne weitern Schaden als einigen Zuwachsverlust vorüber.

Ebenfalls zunächst an Obstbäumen, aber auch an Eichen, Ulmen, Weißbuchen, Pappeln findet sich der Ringelspinner, Gastropacha neustria, der, im Juli schwärmend, seine Eier als ringförmiges Band um die schwächern Zweige legt. Ihm ähnlich befällt auch der Goldafter, Porthesia chrysorhoea, vorzugsweise Obstbäume, doch auch Eichen; seine in zusammengesponnenen Blättern überwinternden Räupchen bilden die sog. Raupennester, deren Vernichtung an Obstbäumen unschwer durchzuführen ist.

Der Birken-Nestspinner, Gastropacha lanestris, befrißt die sonst von Insekten wenig heimgesuchte Birke (auch Kirschbäume) und verdankt seinen Namen dem geselligen Zusammenleben der Raupen in gemeinsamem Gespinst, welches zuletzt als langer Beutel von den Aesten herabhängt.

Der Forstmann wird nur ausnahmsweise in die Lage kommen, Mittel der Abwehr gegen die drei letztgenannten Insekten anwenden zu müssen.

§ 78. Die Frostspanner. Die Frostspanner haben ihren Namen von der spät im Herbst, ja selbst im Winter — bis Dezember — liegenden Flugzeit; als besondere Merkwürdigkeit ist anzuführen, daß die Flügel der Weibchen stets verkümmert sind, so daß diese nur kriechen, nicht fliegen können. Es sind namentlich 2 Arten, deren Fraß in den Waldungen ein oft sehr in die Augen fallender ist, nämlich:

Der kleine Frostspanner, Cheimatobia brumata (s. Taf. I Fig. 18); das Männchen hat etwa 2,6 cm Flügelspannung, gelblichgraue Vorderflügel mit feinen dunkeln Wellenlinien und hellgraue Hinterflügel mit undeutlicheren Streifen; das Weibchen ist etwa 0,8 cm lang mit schwachen Flügelansätzen, der Körper graubraun mit weißen Schüppchen, langen Fühlern und Beinen. Die Raupe, anfänglich grau, nach der ersten Häutung gelbgrün mit lichtem Rückenstreif, später grün mit dunkler Rückenlinie, ist ausgewachsen etwa 2,6 cm lang; die Puppe hellbraun.

---

1) Band I, Heft 2 der Publikationen der biol. Anstalt des Reichsgesundheitsamtes.

Die Flugzeit ist im November und Dezember; das Weibchen legt, an den Bäumen hinauflaufend, seine Eier namentlich an die Knospen der Obstbäume, dann der Weißbuchen, Eichen, Eschen, Linden, und die im Frühjahr ausschlüpfenden Räupchen benagen nun zuerst die Knospen, dann die sich entwickelnden Blätter, sie nach allen Seiten durchlöchernd, dabei auch durch Gespinstfäden zusammenwickelnd. Anfangs Juni etwa lassen sie sich von den Bäumen spinnend herab und verpuppen sich im Boden.

Der Obstbaumzüchter, dem der Frostspanner durch Zerstörung der Blütenknospen sehr schädlich werden kann, sucht sich durch Teerringe — sog. Raupenleim wird auf steifes Papier gestrichen und dieses zur Schwärmzeit um den Stamm festgebunden, wodurch die Weibchen am Besteigen der Bäume gehindert werden bezw. sich auf dem bestrichenen Papier fangen — mit Erfolg zu helfen; im Wald wird man auf Anwendung irgend welcher Mittel verzichten müssen.

Die oft sehr bedeutende Zerstörung an Buchenaufschlag wird durch eine dem kleinen Frostspanner nahe verwandte Art Cheimatobia boreata verursacht.

Der große Frostspanner, Hibernia defoliaria, — mit etwa 4 cm Flügelspannung, hellgelblichen Vorderflügeln mit gelbbrauner Zeichnung und dunklem Punkt auf jedem Flügel, den etwas schwächer auch die helleren Hinterflügel aufweisen, das langbeinige Weibchen ganz flügellos; die Raupe gelb mit breitem, braunrotem Rückenstreif, der mit feiner dunkler Linie beiderseits gesäumt ist —, lebt in ganz ähnlicher Weise, schwärmt etwas früher im Herbst; er ist seltener als der kleine Frostspanner, tritt jedoch bisweilen in sehr großer Zahl auf und befrißt neben Obstbäumen vor allem auch die Eichen [1]). Gegenmittel sind gleichfalls nicht anwendbar.

§ 79. Der Eichenwickler, Tortrix viridana. Der kleine Falter mit etwa 2,2 cm Flügelspannung hat schön hellgrüne Vorderflügel mit gelbweißem Fransensaum und hellgrauem Hinterflügel mit grauweißem Saum, ein dunkel-gelbgrünes Räupchen mit schwarzem Kopf und schwarzen Wärzchen, welche feine Haare tragen, fast schwarze Puppe.

Der Schmetterling schwärmt Ende Juni, und das Weibchen legt seine Eier einzeln oder in kleinen Partien an die Knospen in den Kronen älterer Eichen; die im Frühjahr erscheinenden Räupchen befressen zuerst die Knospen, dann Blätter und Blüten, und verpuppen sich Anfang Juni in zusammengerollten Blättern, Rindenritzen u. dergl. Sie treten bisweilen in ungeheurer Menge auf; der Fraß beginnt, entsprechend der Eierablage, in den Kronen und wird bisweilen zu vollständigem Kahlfraß, doch begrünen sich die Bäume mit Hilfe der Johannitriebe wieder, und einiger Zuwachsverlust ist wohl der ganze Schaden.

Gegenmittel sind nicht anwendbar, doch gehen durch Spätfröste, welche das junge Laub zerstören, oft sämtliche Räupchen zugrunde und ebenso vermag naßkaltes Regenwetter der Kalamität nicht selten ein schnelles Ende zu bereiten.

III. Die Deformitäten-Erzeuger.

§ 80. Man versteht hierunter jene Insekten, welche durch ihren Stich und bezw. Fraß an verschiedenen Teilen unserer Waldbäume eigentümliche Rollungen und Kräuselungen oder oft sehr in die Augen fallende Wucherungen (Gallen) hervorrufen; der hiedurch verursachte Schaden ist zwar in den meisten Fällen ein nur geringer, kann aber bisweilen doch ein nennenswerter sein — jedenfalls soll der Forst-

---

1) Im Jahre 1883 fand im Spessart in Eichenbeständen auf größerer Fläche ein Kahlfraß durch H. defoliara statt. Den Puppen gingen die Wildschweine begierig nach.

mann die Ursache solcher auffallender Erscheinungen kennen, und wir führen deshalb die häufigsten dieser Deformitäten-Erzeuger kurz an:

1. Auf Nadelholz.

Hier tritt uns durch auffallende Bildungen die Gattung der Rindenläuse, Chermes, entgegen, merkwürdig durch ihre teils geschlechtliche, teils ungeschlechtliche Fortpflanzung, ihr Auftreten in geflügeltem und ungeflügeltem Zustand und ihr Wandern in den verschiedenen Stadien der Entwicklung von einer Nadelholzart auf die andere unter Erzeugung ganz verschiedener Erscheinungen an den Nadeln. Diese erst in der Neuzeit klar gestellten Verhältnisse waren Ursache, daß die verschiedenen Entwicklungsstadien als eigene Arten betrachtet wurden. Es seien hier genannt: Die grüne Fichtenrindenlaus, Chermes viridis Ratz.; sie verursacht die großen, grünen, rotgeränderten, zapfenartigen Gallen an der Basis der Zweige meist jüngerer Fichten, diese halb umfassend und zu eigentümlicher Krümmung veranlassend. Die Zwischenform findet sich auf der Lärche, an den Nadeln saugend, wodurch sie an der Fraßstelle verblassen und sich knieförmig biegen; weiße Wollausscheidungen lassen das bisher als eigene Art — Chermes laricis — bezeichnete Insekt leicht ins Auge fallen.

Die rote Fichtenrindenlaus, Chermes strobilobius Kaltenb., erzeugt ebenso wie eine zweite sehr ähnliche Art Ch. coccineus Ratz. kleine, zuerst gelblichweiße, später braune Gallen an den Triebspitzen der Fichte, diese nicht selten abschließend und die Spitzen zum Absterben bringend; beide finden sich vorwiegend an schon älteren und minder gutwüchsigen Fichten. Die Zwischenform der ersteren Art lebt auf der Weißtanne, der letztern auf der Lärche.

In sehr in die Augen fallender Weise zeigt sich nicht selten die Rinde von Weymouthskiefern und Tannen mit einem weißen, wachsfleckigen Ueberzug bedeckt, herrührend von Ausscheidungen an der Rinde saugender Chermesarten, deren hier tätige Generation früher ebenfalls als eigene Art (Ch. strobi, piceae) bezeichnet wurde.

2. Auf Laubholz.

Die Gallwespen, Cynipidae, erzeugen durch die Ablage ihrer Eier an Blätter, Zweige, Knospen, Blüten und durch den Reiz, welchen der Fraß der kleinen Larve verursacht, eigentümliche Wucherungen, Gallen, verschiedenster Art und Größe, die oft sehr ins Auge fallen. Namentlich ist es die Eiche, auf der eine Anzahl solcher Gallwespen lebt: so die Eichengallwespe, Cynips quercus folii, die bekannten großen rot und grünen sog. Galläpfel auf der Unterseite der Eichenblätter erzeugend; die Zapfengallwespe, C. fecundatrix, die Verursacherin der hopfenartigen, anfänglich grünen, dann braunen Zäpfchen an der Spitze der Eichenzweige; die Eichenrosengallwespe, C. terminalis, große, rosenfarbige Schwammgallen an den Zweigspitzen der Eiche hervorrufend. Hierher gehören auch jene im Süden vorkommenden Gallwespen, deren Stich die bekannten, als Gerbemittel Verwendung findenden Knoppern erzeugt.

Die Buchengallmücke, Cecidomyia fagi, verursacht in ähnlicher Weise die kegelförmig zugespitzten grün und roten Gallen, welche sich allenthalben und oft in großer Menge auf den Buchenblättern finden.

In auffallend starker Weise wird die Ulme von einigen Blattlausarten heimgesucht. Die Blätter derselben zeigen sich auf der Oberseite oft ganz überdeckt mit großen, grünen, später mißfarbigen Blasen, von der Blattaschen-Ulmenblattlaus, Tetraneura ulmi, herrührend; an der Basis der Blätter jüngerer Ulmen finden sich häufig die bis walnußgroßen blasigen Auftreibungen der Beutelgallen-Ulmenblattlaus, Schizoneura lanuginosa.

Die Rinde alter Buchen findet sich bisweilen dicht bedeckt mit dem weißen Sekret der Buchenwollaus, Coccus fagi.

2. Gefährdung durch Gewächse.

1. Forstunkräuter.

§ 81. Begriff; Auftreten. So wenig wir jedes im Wald vorkommende und von Baumteilen sich nährende Insekt sofort als „Forstinsekt" bezeichnen können, ebensowenig werden wir jede im Wald auftretende Pflanze als „Forstunkraut" ansprechen. Mit diesem letztern Namen bezeichnen wir vielmehr nur jene Gewächse, welche in größerer Zahl und gemeinschaftlich auftretend unsern waldbaulichen Bestrebungen in irgend welcher Weise hindernd entgegentreten, das Gedeihen unserer Holzgewächse beeinträchtigen.

Dieses Auftreten von Forstunkräutern und deren Art ist nun durch verschiedene Faktoren bedingt: durch die mineralische Zusammensetzung des Bodens, dessen größern oder geringern Gehalt an Feuchtigkeit, vor allem aber auch durch die Einwirkung des Lichtes. Im dicht geschlossenen alten Buchenbestand sehen wir keinen Grashalm, in der Kieferndickung ist keine Spur des Heidekrautes mehr vorhanden, das vorher die Schlagfläche dicht überzog, und das alsbald wieder erscheint, wenn der ältere Föhrenbestand sich anfängt zu lichten, ebenso wie der zum Zweck der Verjüngung gelichtete Buchenbestand alsbald eine leichte Begrünung, die kahle Fläche des abgetriebenen Fichtenbestandes einen dichten und mannigfaltigen Unkrautüberzug an Stelle der bisherigen Moosdecke zeigt.

Je frischer und kräftiger der Boden, je voller die Einwirkung des Lichtes, um so mannigfaltiger und üppiger pflegt dieser Ueberzug zu sein, während auf ärmerem Boden und bei gedämpfter Lichteinwirkung nur wenige Unkräuter — etwa Heide im erstern, Heidelbeere im letztern Fall — oft weithin die Decke des Bodens bilden. Die Ansprüche der verschiedenen Unkräuter an das Licht, wie an die Eigenschaften des Bodens sind hiebei vielfach so charakteristisch, daß der Forstmann aus deren Auftreten manche wichtige Schlüsse ziehen kann: eine leichte Begrünung des Buchensamenschlages sagt ihm, daß genügend Licht für den aufkeimenden Nachwuchs vorhanden sei, im Eichenstangenholz gilt sie ihm als ein Zeichen, daß der bodenschützende Unterbau nun bald am Platze ist; wo Heide wuchert, wird er auf die Nachzucht anspruchsvoller Holzarten verzichten, während ihm Himbeere und Tollkirsche den Boden als noch frisch und kräftig bezeichnen, Binsen und Simsen auf stagnierende Feuchtigkeit deuten[1]).

§ 82. Zu fürchtende Nachteile; Nutzen. Ein mehr oder weniger dichter Ueberzug von Forstunkräutern verschließt den Boden der natürlichen Ansamung, bereitet aber auch der künstlichen Aufforstung, der Bearbeitung des Bodens für die Saat, der Herstellung der Pflanzlöcher Schwierigkeiten und verursacht hiedurch, wie durch die etwa gebotene Anwendung stärkeren Pflanzenmateriales oft wesentlich höhere Aufforstungskosten. Die Forstunkräuter, meist raschwüchsig, und, wenn auch bei der Kultur entfernt, rasch wieder erscheinend, überwachsen die meist langsamer als die Unkräuter wachsenden Holzpflanzen, entziehen ihnen den Licht- und Taugenuß, nehmen einen großen Teil der im Boden vorhandenen löslichen Nährstoffe in Anspruch, halten namentlich die nur leichteren Regen ab, in den Boden einzudringen, während sie selbst durch Verdunstung dem Boden viel Feuchtigkeit

---

[1]) Vgl. A. K. Cajander, Ueber Waldtypen. Forstw. (Blatt 1912 S. 99).

entziehen; überlagern endlich, im Herbst und Winter absterbend, die Holzpflanzen oft so vollständig, daß diese zugrunde gehen. Ebenso überwuchern einzelne Schling- und Rankengewächse selbst stärkere Pflanzen vollständig, sie zu Boden drückend.

An den im Grase stehenden Pflanzen beobachten wir im Frühjahr häufig Frostbeschädigungen als Folge starker Verdunstung, und Mäuse finden willkommenen Schutz im dichten Gras- und Unkrautüberzug.

So sind die Forstunkräuter dem Forstmann eine meist unwillkommene Erscheinung, willkommen nur etwa zur Bindung allzu lockern Bodens oder als lichter Schutzbestand in trockenen oder frostigen Lagen in Gestalt von Besenpfriemen und Wachholder. Daß sie zur Fütterung des Viehes — durch Gras- oder Weidenutzung — dann als Streumaterial — Heide, Besenpfriemen, Farnkraut, dürres Gras — oft ausgedehnte Verwendung finden, und ihre mannigfachen Beerenfrüchte — Heidel-, Preißel-, Erd- und Himbeeren —, die teilweise geradezu Handelsartikel geworden sind, eine allerdings mehr der armen Bevölkerung als dem Waldbesitzer zugute kommende wertvolle Nebennutzung bieten, möge zugunsten der Forstunkräuter noch hervorgehoben sein.

§ 83. Bezeichnung der häufigsten Forstunkräuter. Die Forstunkräuter sind bald krautartig und alljährlich absterbend, bald zwei- und mehrjährig, im letztern Falle teils am Boden hinkriechende kleinere Sträucher, wie die Beerkräuter, die Heide, bald aber zu kräftig in die Höhe strebenden eigentlichen Sträuchern sich entwickelnd, wie Schwarz- und Weißdorn, Hollunder u. dgl. Für das Auftreten der einen oder andern Art ist der Standort, insbesondere aber auch der Feuchtigkeitsgrad des Bodens maßgebend, so daß wir sie nach diesem letztern einigermaßen gruppieren können.

Auf nassem und torfigem Boden finden wir einige Beerkräuter: die Moosbeere und Rauschbeere, ferner die Sumpfheide, den Sumpfporst, das Wollgras, verschiedene sog. saure Gräser: Riedgras, Binsen und Simsen, dann das Sumpfmoos, auch das sog. Bürstenmoos.

Mannigfaltig ist die Unkräutervegetation auf gutem, frischem Boden: Fingerhut, Tollkirsche, Weidenröschen, Brennessel, Hanfnessel, Himbeeren, Brombeeren, Farnkräuter und breitblätterige Gräser verschiedenster Art bilden den dichten Bodenüberzug im vollen Licht; im geschlossenen älteren Fichten- und Tannenbestand sind es Moose, meist zur Gattung Hypnum gehörig, die den Boden decken. Auf kalkhaltigem Boden treten insbesondere auch noch Kleearten auf, wie auch sonst die Flora des Kalkbodens eine besonders reiche und charakteristische zu sein pflegt.

Auf trockenem, sandigem oder durch Freiliegen, Streunutzung etc. heruntergekommenem Boden finden wir Heide, Heidelbeere, Preißelbeere, die Ginsterarten, Besenpfrieme, Habichts- und Kreuzkraut, Wolfsmilch, Hauhechel, Wollblume, dann die trockenen, schmalblätterigen Angergräser.

Die Sträucher, welche in unseren Waldungen auftreten, namentlich auf gutem, frischem Boden (Auwaldungen) üppig und lästig wuchernd, sind: Schlehdorn (Schwarzdorn), Weißdorn, Hollunder, Faulbaum, Hartriegel, Beinweide, Spindelbaum, Stechpalme, Geisblatt, auf trockenerem Boden Wachholder, Sanddorn.

§ 84. Mittel der Abwehr. Wie bei der schädlichen Tierwelt, so werden wir auch hier dem massenhafteren Auftreten der Forstunkräuter in erster Linie vorzubeugen suchen, indem wir ihnen die Bedingungen freudigen Gedeihens tunlichst entziehen. Wir suchen den Bestandesschluß zu erhalten, stellen unsere Besamungsschläge dunkel, hauen so langsam nach, als dies die Holzart gestattet; suchen dort, wo wir zum Kahlhieb genötigt sind, diesem mit der Aufforstung rasch zu folgen,

wählen die Pflanzung ev. mit stärkeren, verschulten Pflanzen an Stelle der Saat oder kleiner Pflänzlinge, da erstere weniger durch Unkrautwuchs leiden, den Schluß rasch wieder herstellen.

Ist aber der Gras- und Unkrautwuchs auf den von uns zu kultivierenden Flächen schon vorhanden oder stellt er sich alsbald nach der Kultur in bedrohlicher Entwicklung ein, so gilt es, ihn tunlichst zu z e r s t ö r e n. Starken Graswuchs hält man mit der Sichel durch Abgabe des Grases als Viehfutter nieder, oder läßt in Saaten das Gras durch Rupfen (wozu sich die Futterbedürftigen allerdings viel weniger gern herbeilassen) entfernen; Heide, Besenpfrieme, Farnkräuter sind in den meisten Gegenden als Streumaterial absetzbar und werden kostenlos entfernt. Wo aber solche Abgaben lästiger Unkräuter als Futter und Streu nicht möglich, darf man auch Kosten für das Ausschneiden derselben, das Niedertreten von Farn und Brombeeren, das Heraushauen holziger Sträucher nicht scheuen; selbst Eintrieb und resp. Durchtrieb von Schafen und Rindvieh durch stark graswüchsige Fichtenkulturen hat man schon mit überwiegendem Vorteil angewendet.

Gegen den Wiederausschlag der Stöcke lästiger Sträucher und Weichhölzer leistet das Uebererden der Stöcke, Zudecken derselben mit nicht zu kleinen Erdhaufen und Plaggen gute Dienste. — Landwirtschaftlicher Zwischenbau, wie er in der Rheinebene teilweise im Gebrauch, zerstört den Unkrautwuchs zwischen den Pflanzenreihen vollkommen.

Sehr lästig kann der Unkrautwuchs in Forstgärten werden. Neben dem Ausjäten als Mittel der Z e r s t ö r u n g wären das Decken der Räume zwischen den Pflanzenreihen mit Laub und Moos, Vorsicht bei Anwendung des sog. Kompostdüngers, der viel Unkrautsamen enthalten kann, wie bei Auswahl des Platzes für Saatbeet oder Forstgarten als Mittel der V o r b e u g u n g zu nennen.

2. Schmarotzergewächse.

§ 85. Als solche erscheinen zunächst zwei Gewächse aus der Familie der M i s t e l n: die allenthalben verbreitete gewöhnliche Mistel (Viscum album) und die Eichenmistel oder Riemenblume (Loranthus europaeus), welche mehr in südlichen Ländern zu Hause ist. Erstere durchsetzt mit ihren Senkwurzeln das Holz insbesondere von Tannen, Föhren, Linden, Schwarzpappeln, Akazien (nie von Eichen, Buchen, Lärchen, höchst selten Fichten) und macht, wenn sie am Stamm auftritt, das Holz zu Nutzholzzwecken unbrauchbar; letztere erzeugt namentlich an Eichen oft kopfgroße Wucherungen, oberhalb deren der Stamm nicht selten abstirbt. Mittel gegen beide Schmarotzer, die im großen anwendbar wären, gibt es nicht.

Im weitern sind es P i l z e, welche, in das Innere der Gewächse oder einzelner Teile derselben eindringend, diese mehr oder weniger zerstören, ihr langsameres oder rascheres Absterben bewirken. Im engen Zusammenhang mit den Pflanzenkrankheiten stehend und vielfach deren Ursache mögen sie mit jenen Besprechung im IV. Abschnitt finden.

III. Gefährdungen durch die anorganische Natur.

1. Gefährdungen durch niedere oder hohe Temperatur (Frost und Hitze).

A. Frost.

§ 86. Je nach der Zeit des Auftretens unterscheiden wir den zur Zeit völliger Vegetationsruhe auftretenden W i n t e r frost, den spät im Frühjahr nach bereits eingetretenem Erwachen der Vegetation sich einstellenden F r ü h j a h r s- oder

Spätfrost, endlich den Herbst- oder Frühfrost, welcher, zeitig im Herbst eintretend, die noch nicht vollständig abgeschlossene Vegetation beschädigt. Eine besondere Art von Frosterscheinung ist endlich das sog. Auffrieren, der Barfrost, durch welchen lockerer, wasserhaltiger Boden und mit ihm die in demselben wurzelnden schwächern Pflanzen gehoben werden.

§ 87. Der Winterfrost wird unsern Waldbäumen nur dann schädlich, wenn er entweder besonders hohe Grade erreicht oder nur schwach verholzte Pflanzenteile trifft — andernfalls geht er ohne Beschädigung vorüber. Er kann physiologisch schädlich werden, das Pflanzengewebe tötend oder doch schädigend, und mechanisch schädlich, das Gewebe zerreißend, ohne weitere nachteilige Folgen für das Leben des Baumes (Frostrisse).

Durch den Winterfrost leiden namentlich die nicht vollständig verholzten Pflanzenteile, und wir sehen daher einerseits die sog. Johannitriebe häufig erfrieren, dann aber auch die Triebe jener Holzgewächse, welche dank feuchtwarmer Herbstwitterung, reichlicher Lockerung und Düngung des Bodens bis spät in den Herbst hinein fortgewachsen sind; ebenso z. B. auch einjährige, infolge später Saat und trockenen Frühjahrs erst spät aufgekeimte Eichenpflanzen. Bei hohen Kältegraden, insbesondere wenn mit anhaltender starker Kälte des Nachts sonnige Wintertage mit verhältnismäßig hoher Temperatur wechseln, leiden aber auch ältere Stämmchen und Pflanzen an Stamm und Wurzeln Not, die Nadeln unserer Fichten und Tannen röten sich; so starben im strengen Winter 1879/80 zahlreiche Eichenstangen ab, Tannenpflanzen wurden getötet, die Sonnseiten der Nadelholzbestände gerötet. — Auch plötzliche Freistellung von Pflanzen, die bisher sehr geschützt standen, läßt bei nur etwas stärkerer Kälte Beschädigungen wahrnehmen, und ebenso scheint im Frühjahr unmittelbar vor Laubausbruch bei manchen Holzarten — so Fichten und Tannen — gesteigerte Empfindlichkeit gegen Frost zu bestehen. Schneeloser Winter verhält sich ebenfalls ungünstiger, läßt die jüngern Wurzelteile erfrieren, während eine Schneedecke guten Schutz gewährt.

Mittel zum Schutz gegen diese Beschädigungen stehen uns, wie leicht einzusehen, nur im geringsten Maß zu Gebote.

Als mechanisch schädliche Folge strengen Winterfrostes erscheinen die sog. Frostrisse oder Eisklüfte. Während R. Hartig [1]) sie dadurch zu erklären suchte, daß beim Gefrieren das Wasser aus der Holzwandung austrete, wodurch bei stärkerem Frost Schwindrisse entstehen, ist H. Mayr [2]) der Ansicht, daß das Aufreißen der Stämme bei sehr niederen Temperaturen Folge der Zusammenziehung durch Abkühlung sei, wobei in den äußern am stärksten sich abkühlenden Holzschichten die Zusammenziehung am größten ist und schließlich die Trennung durch einen zur Sehne senkrechten Riß erfolgt. Diese Frostspalten, welche sich beim Auftauen wieder schließen, sucht der Baum durch gesteigerten Zuwachs an den Seiten des Risses (infolge verminderten Rindendruckes) zu überwallen; hiedurch entsteht eine anfänglich geringe, bei wiederholtem Aufreißen und Ueberwallen aber sich steigernde Erhöhung längs des Stammes, welche als Frostleiste bezeichnet wird. — Der Nachteil durch Frostrisse, welche man insbesondere an Eichen, Edelkastanien, Nußbäumen, auch Eschen und Ulmen — und zwar auf deren Nord- und Ostseiten — wahrnimmt, besteht darin, daß solche Stämme zu mancher technischen Verwendung

---

1) Lehrbuch der Baumkrankheiten. Ausführlich bespricht die verschiedenen bez. der Entstehung der Forstrisse bestehenden Ansichten Nördlinger (Forstschutz S. 420 ff.).

2) S. Gayers Forstbenutzung, 10. Aufl. S. 334.

unbrauchbar werden; auch beginnt von den Frostrissen aus nicht selten Fäulnis des Stammes. — Schutzmittel stehen uns nicht zur Verfügung.

§ 88. Viel gefürchteter als der Winterfrost ist der Spät- oder Frühjahrsfrost; die durch diesen verursachten Beschädigungen sind um so größer, je später im Frühjahr er sich einstellt, je weiter die Vegetation entwickelt ist. Er tötet die zarten Blätter und frischen Triebe, die Keimlinge und die Blüten vieler Holzarten völlig, durch die Vernichtung der letzteren die Aussicht auf ein Samenjahr zerstörend; stärkere Pflanzen werden zwar nicht getötet, können aber infolge wiederholter Frostbeschädigung zuletzt vollständig verkrüppeln (so Fichten in sog. Frostlöchern).

Sehr verschieden ist nun das Verhalten der einzelnen Holzarten dem Spätfrost gegenüber, und manche ertragen eine Temperatur bis zu —5, ja —7 Grad, werden daher, da solch' bedeutende Temperaturerniedrigung nach schon erwachter Vegetation fast nie stattfindet, als frosthart bezeichnet, während jene, welche schon bei viel geringeren Frostgraden erfrieren, empfindliche Holzarten genannt werden. Zu den ersteren gehören: Hainbuche, Birke, Erle, Ulme, Aspe, Weide, Vogelbeere, dann Föhre, Schwarz- und Weymouthskiefer, zu den letzteren Esche, Edelkastanie, Eiche, Buche, Akazie, Tanne; in der Mitte dürften etwa Ahorn, Linde, Fichte und Lärche stehen.

Verschiedene Momente erhöhen die Schädlichkeit des Spätfrostes, die Gefahr durch diesen. Die meisten Waldbäume ertragen einige Grade unter 0 bei trockenem Frost, Reifbildung dagegen und längere Dauer des Frostes erhöht dessen schädliche Wirkung; bewegte Luft wirkt günstig — wir sehen dort, wo der Luftzug fehlt, in den sog. Frostlöchern, die Frostbeschädigung fast alljährlich auftreten, ebenso dort, wo durch Wasser- und Wiesenflächen die Verdunstung eine besonders starke ist; Pflanzen inmitten dichten Graswuchses erfrieren leichter als jene auf unbenarbtem Boden. Die Frostbeschädigung macht sich vielfach nur bis zu einer gewissen Höhe, der sog. Frosthöhe bemerkbar, oberhalb deren die Pflanzen unbeschädigt bleiben; es ist dies dadurch bedingt, daß nach oben die Luft bewegter wird und die kalten Luftschichten, weil schwerer, mehr nahe dem Boden bleiben. Aus gleichem Grunde sehen wir Frostbeschädigungen in Tälern und Einsenkungen auftreten, während die höheren Lagen unbeschädigt bleiben.

Süd- und Südwestgehänge sind infolge der dort früher erwachenden Vegetation gefährdeter, als Nordwest- und Nordgehänge; Ostgehänge leiden durch die kalten, frostbringenden Ostwinde, ebenso aber auch durch die sofortige Erwärmung durch die Sonne nach einer hellen Frostnacht, da rasches Auftauen der gefrorenen Pflanzenteile stets besonders nachteilig wirkt.

Die empfindliche Eiche und Akazie entgehen nicht selten durch ihr spätes Ergrünen dem Spätfrost, ebenso der Gipfeltrieb der Tanne, der sich später entwickelt, als die Seitentriebe; die Lärche ist am empfindlichsten im Moment der allerdings sehr früh eintretenden Knospenentfaltung, später weniger. — Die durch Spätfröste entlaubten Laubhölzer begrünen sich innerhalb einiger Wochen mit Hilfe von Adventivknospen zwar wieder, jedoch nur spärlich; auch die Lärche treibt wieder nach, dagegen ersetzen die wintergrünen Nadelhölzer die erfrorenen Triebe im selben Jahr nicht wieder.

§ 89. Die Mittel, durch welche wir im größern Forstbetrieb den Wirkungen des Spätfrostes einigermaßen vorbeugen können, liegen vorwiegend auf dem Gebiet des Waldbaues. Gestützt auf die Wahrnehmung, daß unter dem Schirme stärkerer Bäume infolge der gehemmten Wärmeausstrahlung Spätfrosterscheinungen nicht oder doch nur in abgeschwächtem Maße auftreten, erziehen wir unsere empfind-

licheren Holzarten unter einem Mutter- oder Schutz-Bestand, halten diesen dunkel, hauen langsam und allmählich nach, jeden plötzlichen Uebergang zur Freistellung tunlichst meidend. — Fehlt einer aufzuforstenden Fläche der Schutzbestand, so erziehen wir, wenn die Aufforstungen mit gegen Frost empfindlicheren Holzarten zu erfolgen hat, uns nicht selten einen solchen durch vorausgehende Bepflanzung der Fläche mit raschwüchsigen und frostharten Holzarten — Föhre, Erle, Birke — die nach genügender Erstarkung der zwischen den Pflanzenreihen eingebrachten empfindlicheren Holzart (Fichte) allmählich und vorsichtig wieder entfernt werden. Hochstengliche Forstunkräuter, wie Besenpfriemen, Wachholder, Sträucher verschiedener Art bilden bisweilen einen natürlichen und gut zu benützenden Schutzbestand. — In Ermangelung des letztern wählen wir bei empfindlicheren Holzarten zur Aufforstung stets stärkere Pflanzen, die vom Frost nur beschädigt, nicht aber getötet werden, der Gefahr auch rascher entwachsen; Wildlinge, die bisher etwa unter stärkerer Beschattung standen (Buchen, Tannen, Fichten), sind, weil gegen Frost und Hitze gleich empfindlich, zu solchen Kulturen ins Freie verwerflich.

Von besonderer Bedeutung ist der Schutz unserer Saatkämpe und Forstgärten, und stehen uns für diese neben den Vorbeugungs- auch direkte Schutzmittel zu Gebot.

Zu ersteren gehört die zweckmäßige Auswahl der Oertlichkeit: das Vermeiden von Frostlagen, das Vorhandensein von Seitenschutz durch umliegende Bestände; ferner die Aussaat empfindlicher Holzarten (Eichen, Buchen) im Frühjahr statt im Herbst, da hiedurch die Keimung wesentlich verzögert wird. Als direktes Schutzmittel ist das Bestecken der Pflanzenbeete mit Reisig, das Decken mit Schutzgittern zu betrachten, ja man ist da und dort so weit gegangen, dem ganzen Saatbeet eine Hochdeckung zu geben. Das Ueberhalten einer Schutzbestockung auf einer Saatbeetfläche führt so viele Nachteile mit sich, daß es nur ausnahmsweise anwendbar ist.

§ 90. Viel weniger Gefahr als die Spätfröste bringen die zeitig im Herbst eintretenden Früh- oder Herbstfröste mit sich; abgesehen davon, daß sie überhaupt seltener eintreten, werden durch sie nur die noch unverholzten Pflanzenteile betroffen, der Schaden ist hiedurch ein geringerer. Später Hieb in Ausschlagwaldungen (Schälwald), warmer und feuchter Herbst, der die Vegetation lange nicht abschließen läßt, steigern die Gefahr; namentlich die Eiche mit ihren sog. Johannitrieben erscheint bedroht.

§ 91. Eine in Forstgärten und Saatkulturen gefürchtete Erscheinung ist jene des Auffrierens des Bodens, des Ausfrierens der Pflanzen: die Erscheinung des sog. Barfrostes. Der lockere, feuchte, einer festigenden Bodendecke bare Boden wird durch das Gefrieren des Wassers gehoben, mit ihm die Pflanzen, und bei dem mit eintretendem Auftauen stattfindenden Zurücksinken des Bodens bleiben diese letztern obenauf liegen und gehen dann durch Vertrocknen meist zugrunde. Lockerer, feuchter Boden und wechselndes Frost- und Tauwetter, wie wir solches insbesondere an hellen Tagen im Februar und März wahrnehmen, sind sonach Bedingungen dieser Erscheinung.

Durch den Barfrost leiden erklärlicherweise vorwiegend flachwurzelnde Holzarten, die Fichte, die Tanne mit ihrer langsamen Entwicklung, während die tiefwurzelnde Eiche, Föhre, Edelkastanie wohl nur ausnahmsweise beschädigt werden.

Wir beugen der Gefahr des Ausfrierens vor durch Entwässerung feuchter Orte, Anwendung der Pflanzung an Stelle der Saat, der Ballenpflanzung an Stelle der Pflanzung mit nacktwurzeligen Pflanzen in gefährdeten Oertlichkeiten. Im Saatbeet unterlassen wir ein Lockern und Ausgrasen der Beete im Herbst, decken die

Zwischenräume zwischen den Pflanzen mit Laub oder Moos, häufeln die Pflanzen an; drücken nach eingetretener Beschädigung die gehobenen Pflanzen wieder an oder übersieben die bloßgelegten Wurzeln mit klarer Erde.

B. Hitze.

§ 92. Die Hitze — hohe, durch die Einwirkung der Sonne hervorgerufene Wärme — wird direkt nur durch den sog. Rindenbrand, indirekt aber durch das Austrocknen des Bodens bei gleichzeitig gesteigerter Verdunstung der Blätter nachteilig, so daß die Pflanze ihren Wasserbedarf aus dem Boden nicht mehr zu decken vermag. Trockene Ostwinde steigern diese nachteilige Wirkung.

Sie macht sich geltend in dem Kümmern und endlichen Absterben von Keimlingen und schwächern, ja selbst stärkern Pflanzen, im Vertrocknen keimender Samen, im Welkwerden von Blättern und Blüten vieler Gewächse, dem Taubwerden und Abfallen bereits angesetzter Früchte. Selbst an älteren Bäumen kann man ein frühzeitiges Welkwerden und Vergelben der Blätter wahrnehmen, und heißen Sommern pflegt stets ein verhältnismäßig starker Anfall an Dürrholz zu folgen [1]).

Begünstigung der Vermehrung schädlicher Insekten, welchen trockenes Wetter stets günstiger als naßkaltes ist und durch die kränkelnden Stämme vermehrte Brutstätten geboten sind, dann erhöhte Gefahr durch Waldbrände erscheinen als sekundäre Folgen der Trockenhitze.

Die nachteiligen Wirkungen der Hitze und bezw. des durch sie hervorgerufenen Austrocknens des Bodens machen sich nun erklärlicherweise ganz besonders geltend: auf an sich trockenerem oder flachgründigem Boden (Sand, Kalk), an den heißen Süd- und Westgehängen, bei seicht wurzelnden Holzarten (Fichte, Tanne) bei Saatkulturen und jungen Pflanzungen, namentlich bei erst frisch versetzten und noch nicht genügend angewurzelten Pflanzen. Aus letzterem Grund ist auch Trockenhitze und austrocknender Ostwind zur Kulturzeit und unmittelbar nachher besonders verderblich.

Auch die Wirkung des Reflexes macht sich in der Nähe einzeln stehender Bäume oder ganzer Schlagwände oft in unangenehmer Weise geltend; wir sehen dort den Schnee zuerst schmelzen, den Boden früher ergrünen, aber auch im heißen Sommer die Vegetation am ersten kümmern und selbst absterben.

§ 93. Wie bei dem Frost, so liegen auch bez. der Hitze die Mittel der Vorbeugung auf waldbaulichem Gebiet: Verjüngung unter Mutter- oder Schutzbestand, Erhaltung des Seitenschutzes gegen Süd und West dort, wo man Kahlhiebe führen muß, und nur geringe Breite dieser Kahlhiebe; Erhaltung eines Waldmantels zum Schutz gegen austrocknende Winde und ev. selbst Erziehung eines solchen; richtige Wahl der Holzart, sowie der Pflanzung an Stelle der stets gefährdeteren Saat, Verwendung stärkerer und reichbewurzelter Pflanzen an Stelle schwacher, unverschulter Pflänzlinge; tiefe Bodenlockerung und vertiefte Saatstreifen dann, wenn irgend welche Gründe gleichwohl zur Saat nötigen — das sind etwa die wichtigsten Vorbeugungsmittel im Wald.

Im Forstgarten stehen uns solche Mittel zu Gebote zunächst wieder in der richtigen Auswahl des Platzes, seitlich gegen Süd und West geschützter Oertlichkeiten; in dem Decken der frisch angesäten Beete mit Reisig, Moos, Schutzgittern, dem Schutz der Keimlinge und schwachen Pflanzen durch aufgesteckte Aeste und übergelegte

1) Der abnorm heiße und trockene Sommer 1911 hat bekanntlich ganz außerordentliche Verheerungen in den Waldungen angerichtet; schon geschlossene Fichten- und Föhrenkulturen, ja selbst die Ränder von Fichtenstangenhölzern, vereinzelt auch ältere Stämme starben ab.

Gitter; in dem häufigen Lockern, Ausgrasen, Anhäufeln der Beete und resp. Pflanzen. Auch zur Gieskanne greifen wir wohl im Notfall; wo die Bewässerung der Saatbeete ohne allzugroße Kosten möglich ist, wird sie sich stets vorteilhaft erweisen.

§ 94. Als eine Folge direkter Einwirkung der Sonne erscheint der sog. Rindenbrand, bei welchem an den der Sonne in hohem Grade ausgesetzten Süd- und Südwestseiten der Stämme deren Rinde streifenweise trocken wird, aufreißt und schließlich abfällt; das bloßgelegte Holz stirbt ab und verfällt der sich mehr und mehr ins Stamminnere ziehenden Fäulnis. Es ist diese Erscheinung zu erklären als Folge der außerordentlich hohen Temperatur, welche bei direkter Bestrahlung durch die Sonne im Hochsommer zwischen Holz und Rinde entstehen kann, eine Temperatur, die zur Tötung des Cambiums ausreicht.

Nur unter bestimmten Verhältnissen sehen wir diese Erscheinung auftreten bei glattrindigen Holzarten, obenan der Buche, dann Hainbuche, Esche, Ahorn, auch jüngeren Fichten und Eichen, wenn sie, im Schluß bezw. Seitenschutz erwachsen, plötzlich gegen Süd oder Südwest bloßgestellt werden, wie dies etwa bei neuen Weg- und Eisenbahnanlagen, durch starke Aufastungen am Feldrand oder durch Abnützung eines gegen die Sonnseite vorliegenden Bestandes der Fall ist. Namentlich zeigen auch übergehaltene Buchen diese Erscheinung, die dann nahe dem Boden zu beginnen pflegt, und fordern in diesem Fall zu rascher Nutzung auf.

Im übrigen sucht man die Veranlassung zum Rindenbrand, die plötzliche und unvermittelte Freistellung von Bestandsrändern, bei empfindlichen Holzarten möglichst zu vermeiden; ist dies nicht möglich und zeigen sich die Randstämme schadhaft, so wird man diese gleichwohl erhalten, um die hinter ihnen stehenden Stämme vor gleicher Beschädigung zu schützen. Selbst die Heister empfindlicher Holzarten, aus der Pflanzschule ins Freie gesetzt, zeigen Spuren des Rindenbrands, und wird die Erhaltung einer rauhen Beastung, wenn diese fehlt das Umwinden mit Reisig, als Schutzmittel zu betrachten sein. Auch bei älteren, plötzlich freigestellten Stämmen hat man solche schützende Mäntel von Reisig und Moos erfolgreich verwendet.

2. Gefährdungen durch atmosphärische Niederschläge.

A. Fließendes und stagnierendes Wasser.

§ 95. So wohltätig im allgemeinen die Wirkungen des Regens für die Vegetation sind, so unentbehrlich er im heißen Sommer ist, so nachteilig können doch auch heftige Regengüsse und die hiedurch gesteigerten Mengen fließenden Wassers unsern Waldungen werden.

Durch starken und anhaltenden Regen, Platzregen, Wolkenbrüche wird die bloßliegende Erdkrume an steilen, abgeholzten Gehängen, in Saatbeeten und auf Kulturflächen mit gelockertem Boden abgeschwemmt und weggeführt, mit ihr vielfach die Samen und selbst schwächere Pflanzen; Wege, Böschungen, Gräben werden häufig zerrissen und beschädigt. Dieser durch die Gewalt des abfließenden Wassers verursachte Schaden steigert sich im Gebirg, woselbst infolge der Terraingestaltung oft sehr bedeutende Wassermassen in kürzester Zeit zusammenströmen, nicht selten zu großartigen Kalamitäten, zu Uferabbrüchen, Ab- und Ueberschwemmungen und zu Zerstörungen, die weit über den Wald hinausreichen [1]).

1) In großartigem Maßstab haben solche Zerstörungen in Südfrankreich im Juragebiet stattgefunden, in gleichem Maßstab aber ist man dortselbst auch mit Mitteln der Abhilfe vorgegangen. Vergl. hierüber das Werk von Demontzey, Studien über die Wiederbewaldung der Gebirge, übersetzt von Seckendorff 1880.

Sorgfältige Erhaltung des Waldes, seiner schützenden Bestockung und Bodendecke, wo solche noch vorhanden, ev. Wiederbewaldung der kahlen Flächen; Vermeidung jeden größern Kahlhiebes an steilen Gehängen, der Stockrodung und Streunutzung sind hier vorbeugende Mittel, um so wichtiger, je gefährdeter die Oertlichkeit. Im eigentlichen Gebirg, zumal wenn dieses schon durch Entwaldung gelitten, gesellen sich hiezu Schutzbauten verschiedenster Art, Uferbefestigungen, Talsperren von oft so großartiger Konstruktion, daß die Mitwirkung des Bautechnikers geboten erscheint.

An minder steilen und ausgedehnten Gehängen haben neuerdings die sog. Horizontalgräben ziemliche Verbreitung gefunden, Stückgräben von etwa 30 cm Tiefe und 3—5 m Länge, welche in Entfernungen von 5—10 m — je steiler, desto enger — horizontal am Berg hinlaufend in der Weise hergestellt werden, daß immer der Unterbrechung an einer Stelle ein Stückgraben der nächsten Horizontalen entspricht. Sie fangen das Regenwasser auf, geben ihm Zeit, in den Boden einzusinken, brechen beim Ueberfließen dessen Gewalt und erweisen sich hiedurch sehr nützlich. An trockenen Gehängen werden sie aber aus naheliegendem Grunde auch der Bestockung wohltätig, beleben diese und haben deshalb in solchen Oertlichkeiten den Namen „Regenerations-Gräben" erhalten [1]).

Saatstreifen an Gehängen legt man stets horizontal; Forstgärten und Saatkämpe, wenn deren Anlage an stärker geneigten Gehängen nicht zu vermeiden ist, terrassiert man zum Schutz gegen das Abschwemmen, und Verschwemmen des Samens angesäter Beete sucht man durch Deckung mit Reisig oder mit Schutzgittern zu verhindern.

§ 96. Aber auch stagnierendes Wasser kann im Wald sehr lästig und nachteilig werden; wir sehen dort, wo der Boden ein Uebermaß an Wasser enthält, die Pflanzen unserer meisten Holzarten kümmern, ja bei längerem Unterwasserstehen sowohl jüngere Bestände wie selbst ältere Bäume auf ganzen Flächen abständig werden [2]). Auf feuchtem Boden tritt an älteren Stämmen (so besonders der Fichte) häufig die Erscheinung der Stock- und Rotfäule auf, ältere Bestände in dem durchweichten Boden werden durch Windwurf heimgesucht. Die Frage nach Abhilfe tritt an den Forstwirt heran, und Entfernung der überschüssigen Feuchtigkeit wird diese Hilfe bieten.

In erster Linie werden wir die Ursache jenes Ueberschusses an Feuchtigkeit zu erforschen haben. Undurchlassender Untergrund, eine Lettschichte in geringer Tiefe, Quellen, welche keinen genügenden Ablauf haben, Grundwasser, welches von einer nahe gelegenen Wasserfläche herdrängt, in Verbindung mit reichen atmosphärischen Niederschlägen werden sich als Gründe ergeben; auch Ueberschwemmungen bei mangelndem Wiederabfluß können die Veranlassung stagnierender Nässe oder völliger Versumpfung sein.

Quellen sucht man zu fassen und das Wasser durch Gräben abzuleiten, und ebenso wird man bei undurchlassendem Untergrund sich mittelst Entwässerungsgräben zu helfen suchen, wobei allerdings ein entsprechendes Gefäll nach einem natürlichen Wasserlauf oder Wasserbecken hin Bedingung ist. Das Versenken des Wassers, indem man die undurchlassende Schichte an der tiefsten Stelle zu durchbrechen sucht und den Schacht mit Steinen — zum Schutz gegen

1) Vergl. den Aufsatz von Haag, F. Z.-Bl. 1881. S. 208

2) Vergl. Eßlingers Mitteilung im Forstw. Z.-Bl. 1911. S. 394, nach welcher infolge der dauernden Ueberschwemmung in den Rheinwaldungen der Pfalz 31 ha Laubholz, 17 ha Kiefernkultur und etwa 40 000 Laubholzheister eingingen.

rasches Wiederverschlämmen — ausfüllt, wird nur ausnahmsweise Anwendung finden können.

Gegen seitlich durchdrückendes Grundwasser gibt es kein Mittel der Abhilfe, und auch die Vorsorge gegen Ueberschwemmungen geht meist über den Wirkungskreis und die Mittel des Forstmannes hinaus.

Bei der Vornahme einer Entwässerungsarbeit wird nun in erster Linie zu beachten sein, daß nur das Uebermaß des Wassers entfernt werden soll, daß jede zu weit getriebene Entwässerung für den Wald und namentlich auch für die Umgebung der entwässerten Oertlichkeiten geradezu nachteilig werden kann. Man hat erkannt, daß es ein Fehler sei, Hochmoore zum Zweck von Kulturen zweifelhaften Wertes zu entwässern und dadurch dem Wald das im Sommer so wichtige Wasser jener Moore zu entziehen, oder kleinere nasse Stellen im Wald zum Nachteil der ringsum gelegenen Bestände zu entwässern. Ja man ist an manchen Orten dahin gekommen, daß man die in zu großer Zahl angelegten Entwässerungsgräben wieder zugeworfen hat [1]). Das durch Entwässerung einer höher gelegenen Fläche dem Wald entzogene Wasser sucht man wo möglich durch Einleiten und Verteilung in trockene Gehänge dem Wald zu erhalten und nutzbar zu machen [2]), ebenso das Wasser der Wegegräben.

Stets soll die Entwässerung einer unbestockten Fläche ihrer Aufforstung einige Zeit vorausgehen, damit der Boden sich genügend setzen kann; eine Entwässerung schon bestockter Flächen muß mit großer Vorsicht geschehen, wird meist besser unterlassen.

Größeren Entwässerungsarbeiten hat stets ein entsprechendes Nivellement und der Entwurf eines Grabennetzes vorauszugehen, kleinere können vielfach nach dem Augenmaß ausgeführt werden. Die Herstellung der Gräben, welche meist offene, seltener gedeckte (Reiserdrains oder Steindrains) sind, erfolgt zur trockensten Jahreszeit, im Spätsommer oder Herbst, und beginnt an der tiefsten Stelle; die Tiefe und Weite des Hauptgrabens wie der Seiten- und Schlitzgräben richtet sich nach der abzuführenden Wassermasse und den Bodenverhältnissen, durch welch letztere namentlich auch die steilere oder flachere Böschung der Grabenwände bedingt ist. Die ausgehobene Erde läßt man nicht am Grabenrande aufhäufen, sondern wirft sie, um das Zurückschwemmen in den Graben bei Regen zu verhindern, entsprechend auseinander.

So lange als nötig müssen die Gräben entsprechend unterhalten werden; vielfach läßt sich aber wahrnehmen, daß eine nasse Fläche dann, wenn der auf ihr begründete Bestand in Schluß tritt, durch den starken Wasserverbrauch des letztern an sich trocken wird, und eine fernere Erhaltung der Gräben wird dann unnötig, möglicherweise selbst nachteilig sein.

B. Schnee.

§ 97. Gerne sieht der Forstmann während der Wintermonate eine mäßige Schneedecke im Wald: sie ist ihm ein Schutz für die jungen Pflanzen bei höhern Frostgraden, bei den Fällungen in Nachhieben, erleichtert die Holzausbringung und Abfuhr in hohem Grad und speist endlich, langsam schmelzend, den Boden mit Feuchtigkeit für die kommende trockene Jahreszeit.

Fein und trocken fallender Schnee bringt nun dem Wald keine Gefahr; anders, wenn er naß und großflockig fallend sich an die Nadeln und Zweige oder, sehr zeitig

1) Vergl. Reuß, Die Entwässerung der Gebirgswaldungen 1874.
2) Vergl. Kaiser, Beiträge zur Pflege der Bodenwirtschaft 1883.

im Herbst erscheinend, an die noch an den Laubbäumen befindlichen grünen oder dürren Blätter in Massen anhängt: Aeste und Gipfel, Stangen und Stämme vermögen der übermäßigen Belastung nicht zu widerstehen und brechen ab — Schneebruch —, Junghölzer, Dickungen werden durch diese Belastung zu Boden gedrückt, ohne zu brechen, verlieren jedoch durch längeres Niederliegen die Fähigkeit, sich wieder aufzurichten — Schneedruck.

Außerordentlich groß sind die Beschädigungen, die unsern Waldungen in solcher Weise zugehen können und schon zugegangen sind: ältere Bestände werden durch Ast- und Gipfelbruch so durchlöchert, daß deren vorzeitiger Abtrieb erfolgen muß, jüngere Bestände werden auf kleineren oder größeren Flächen durch Bruch und Druck so vollständig zerstört, daß Abräumung und Wiederaufforstung nötig wird. Große Zuwachsverluste, bedeutende Kulturkosten, Störungen des Betriebsplanes sind die nächsten Folgen; mit Mühe nur und zu gedrückten Preisen gelingt es, das in großen Massen angefallene und vielfach geringwertige Material, das Ast- und Gipfelholz, das geringe Gestänge zu verwerten, das Stockholz muß ungerodet im Walde verbleiben — und neue Kalamitäten sind die Folge hievon, wie von verzögerter Aufarbeitung und langsamem Absatz: Rüsselkäfer und Wurzelbrüter aller Art erscheinen, die Borkenkäfer mehren sich durch das reichlich dargebotene Brutmaterial, und abermalige Waldbeschädigungen und finanzielle Verluste sind die weitere Folge.

§ 98. Nicht überall und namentlich nicht überall im gleichen Maß sehen wir diese Beschädigungen durch Schnee auftreten. Wenn auch keine Standörtlichkeit völlig verschont bleibt, so sind doch Vorberge und Mittelgebirge die eigentlichen Schneebruchlagen, während die Ebene durch geringern, das Hochgebirge durch trockeneren Schneefall in minderem Maß leiden.

Was die Holzarten anbelangt, so ist es erklärlich, daß die wintergrünen Nadelhölzer in viel höherem Grad zu leiden haben, als die Laubhölzer, und letztere werden durch Schnee nur dann beschädigt, wenn zeitig eintretender Schneefall noch viel dürres Laub als entsprechende Stützfläche an ihnen vorfindet, wie dies insbesondere an Eichen- und Buchengertenhölzern der Fall. Die brüchige Föhre hat mehr durch Schneebruch, die zähe Fichte in der Jugend sehr durch Schneedruck zu leiden. Doch werden auch ältere Fichtenbestände durch Absprengen der Gipfel, sowie der Stämme und Stangen häufig schwer heimgesucht, zumal wenn etwa erstere mit Zapfen reich beladen, letztere durch alte Harzlachen oder Schälrisse des Wildes von früheren Zeiten her beschädigt sind. Von den Laubhölzern sehen wir die brüchige Akazie und Erle bisweilen durch Schneebruch geschädigt, während die frisch übergehaltenen Eichenlaßreiser des Mittelwaldes nicht selten durch auflagernden Schnee zur Erde gebeugt und bei längerer Belastung für ihren Zweck untauglich gemacht werden.

Auch die Beschaffenheit der Bestände ist nicht ohne Einfluß: aus Laub- und Nadelholz gemischte Bestände leiden in geringerem Maß, als reine Nadelhölzer, und dicht geschlossene, durch Saat oder natürliche Verjüngung entstandene Fichtenjunghölzer sind dem Schneedruck in viel höherem Grad ausgesetzt, als rechtzeitig durchforstete oder durch weitständigere Pflanzung entstandene derartige Bestände.

§ 99. Die Mittel, die dem Forstmann gegenüber den geschilderten Gefährdungen zur Verfügung stehen, sind mehr Mittel der Vorbeugung als direkter Abwehr, liegen auf dem Gebiete des Waldbaues und der Bestandspflege und können den Schaden nur mindern, nicht völlig verhindern.

Als solche Mittel erscheinen nun die Wahl der richtigen Holzarten, eine

zweckentsprechende Bestandesbegründung und Bestandespflege. Man wird die brüchige Föhre nicht in höheren, durch Schneebruch erfahrungsgemäß heimgesuchten Oertlichkeiten anbauen, wird eine entsprechende Bestandesmischung anstreben, zur Bestandesbegründung an Stelle der Saat oder engeren Pflanzung die Pflanzung mit kräftigen, stufigen Einzelpflanzen in weiterem Verband wählen, wird vor allem mit Durchforstungen frühzeitig beginnen, sie rechtzeitig wiederholen und hiedurch die Stangen zu stufigerem Wuchs bringen, dem Schnee das Durchfallen erleichtern. Besondere Vorsicht bez. der Durchforstungen ist in jenen Beständen nötig, die lange in sehr dichtem Schluß standen, und dürfen hier die ersten Durchforstungen nur sehr mäßig geführt werden.

Eine direkte Abwehr durch Abschütteln des Schnees ist nur in Parkanlagen, kleinen, besonders wertvollen Junghölzern und etwa bei den niedergebogenen Laßreisern des Mittelwaldes möglich; hier könnte allerdings ein einziger Mann bisweilen Hunderte von Stangen an einem Tag retten.

Eine Minderung des durch Schneedruck angerichteten Schadens in Laubholz-Junghölzern kann in manchen Fällen durch Aufrichten niedergebogener Horste und selbst Aufbinden der dominierenden Stangen mit Hilfe des Nebenbestandes [1]) erfolgen; auch Köpfen der niedergebogenen Stangen an der Biegungsstelle in der Absicht, durch an der Abhiebsstelle erscheinende Ausschläge den Schluß herzustellen, hat man in Buchengertenhölzern mit Erfolg angewendet. — Im Nadelholz müssen die niedergedrückten Partien abgeräumt, die größern Lücken mit schnellwüchsigern Holzarten, die kleinern im Interesse des Bodenschutzes mit Schattenhölzern ausgepflanzt werden: letztere wendet man auch zur Ausfüllung durchbrochener Föhrenstangenhölzer, die erhalten bleiben sollen, an.

Aufgabe des Wirtschafters ist es aber auch, durch möglichst rationelle und rasche Aufarbeitung und Verwertung der Bruchhölzer den finanziellen Schaden möglichst zu verringern, ebenso mit allen ihm zu Gebot stehenden Mitteln der in Nadelholzwaldungen drohenden Insektengefahr entgegenzuarbeiten. Man wird zunächst den Wald durch Räumung der Wege zugänglich machen, die Junghölzer und Schläge von auflagerndem Bruchholz befreien, aus dem anfallenden Material möglichst viel Nutzholz ausscheiden, das Holz an luftige Wege ausrücken, Nadelholz entrinden, Prügelholz aufspalten, Stammholz auf Unterlagen bringen — letzteres alles im Interesse besserer Konservierung des Holzes. Entrinden des Nadelholzes, Verbrennen des Reisigs, tunlichste Rodung von Stöcken und Wurzeln, Beseitigung kränkelnder Stämme sind die Vorbeugungsmittel gegen das Ueberhandnehmen schädlicher Insekten.

C. Duft, Eisanhang und Hagel.

§ 100. Mit dem Ausdruck „Duft, Rauhreif, Anhang" bezeichnen wir bekanntlich jene Erscheinung, bei welcher sich der Wasserdampf der Luft in Gestalt von Eiskrystallen und langen Eisnadeln an den Zweigen, Nadeln, Blättern in oft sehr bedeutenden Massen ansetzt, diese dadurch so belastend, daß sich Wipfel und Aeste beugen und schließlich abbrechen. Unter dieser namentlich in höheren Lagen auftretenden Erscheinung leiden wieder insbesondere die wintergrünen Nadelhölzer, obenan die brüchige Föhre, die Laubhölzer aber nur dann, wenn sie noch dürres Laub als Stützpunkt für den Rauhreif in größerer Menge tragen, so namentlich auch die Eichenlaßreiser des Mittelwaldes. Es sind insbesondere Bestandsränder, dann

1) Dies Mittel wurde im Spessart mit Erfolg angewendet; vergl. die Mitteilung von Fürst in A. F.- u. J.-Z. 1882. S. 325.

Nord- und Ostgehänge, wo die oft sehr schädliche Erscheinung des Duftbruches auftritt.

Eisbildung entsteht namentlich, wenn bei strenger Kälte plötzlich Tauwetter und Regen eintritt; die aufschlagenden Tropfen erstarren zu Eis und überziehen Stamm und Aeste, Nadeln und dürre Blätter mit einer mehr oder weniger starken Eiskruste. Gesellt sich bei wieder sinkender Temperatur hiezu noch Schneefall, so wird die Belastung eine so bedeutende, daß Eisbruch in oft großartigem Maßstab eintritt. — Erklärlicherweise sind es auch hier wieder die brüchigen Holzarten: Föhren, Erlen, Akazien, die zuerst Not leiden, aber auch Fichten- und Buchenbestände wurden schon durch Eisbruch schwer geschädigt.

Durch die allbekannte, glücklicherweise nicht allzu häufig auftretende Erscheinung des Hagels werden auch die Waldungen oft sehr bedeutend beschädigt: Pflanzen in Saatbeeten und Kulturen werden teils ganz vernichtet, teils bis zur Verkrüppelung beschädigt, älteren Bäumen die jungen Schosse, Blüten oder Früchte abgeschlagen; zahlreiche Rindenverletzungen, oft nur langsam ausheilend, sind die weitere Folge, ja diese Verletzungen sind oft so bedeutend, daß ganze Bestände abgetrieben werden müssen. In Weidenhegern sind die Folgen des Hagels besonders verderblich, indem die Schosse beim Verarbeiten an der beschädigten Stelle abbrechen. — Sehr empfindlich zeigt sich die Föhre gegen Hagelbeschädigung, während Fichte und Tanne durch ihre dichte Benadelung geschützter sind; auch die Lärche leidet weniger.

Schutzmittel gegen die 3 eben erwähnten Naturerscheinungen stehen uns nur in sehr beschränktem Maß zur Verfügung: gegen den Duftbruch etwa das Vermeiden des Anbaues der brüchigen Föhre in der Duftregion, das Erhalten von Waldmänteln an den gefährdeten Nord- und Osträndern; gegen Eisbruch und Hagel aber fehlen selbst solche Mittel. Daß in einer entsprechenden Bewaldung insbesondere der Höhenzüge ein wichtiges Schutzmittel gegen Hagelbildung gesucht wird, möge hier nur nebenbei noch bemerkt sein [1]).

D. Blitzschlag.

§ 101. Der Blitz schlägt bekanntlich verhältnismäßig häufig in Bäume ein, und zwar vorwiegend in solche, welche entweder allein stehen oder ihre Umgebung mehr oder weniger überragen.

Die Folgen dieses Einschlagens sind nun sowohl nach der äußern Erscheinung, wie nach dem Einfluß auf das Leben des Baumes sehr verschieden. In manchen Fällen wird lediglich ein schmaler Rindenstreifen abgelöst, wir sehen den Baum ohne sichtbare Störung fortwachsen, die entstandene „Blitzrinne" überwallend, so namentlich bei Eichen, die nicht selten die Spuren alter Blitzverletzungen zeigen, während in andern Fällen selbst bei solch geringeren Beschädigungen die betroffenen Bäume mehr oder weniger rasch absterben, so namentlich die Nadelhölzer. Bisweilen kommt breitstreifige, ja gänzliche Entrindung der getroffenen Stämme vor, und nicht selten werden diese vollständig zerschmettert, gespalten oder in eine Menge weit umher liegender Splitter aufgelöst. Merkwürdig erscheint ferner das Ueberspringen des Blitzes von einem Stamm auf einen zweiten und ebenso das allmähliche Absterben einer oft größeren Zahl von Stämmen in der Umgebung eines vom Blitz getöteten Stammes, wie solches namentlich in Föhrenwaldungen beobachtet wurde.

Dürre oder im Innern trockenfaule Stämme werden wohl auch durch den Blitz

---

1) Vergl. Riniker, Die Hagelschläge im Kanton Argau 1881.

in Brand gesteckt, und kann sonach der Blitz, wenn auch selten, Ursache eines Waldbrandes werden.

Was endlich die Holzarten anbelangt, die vom Blitzschaden heimgesucht werden, so ist wohl keine gänzlich verschont, doch sehen wir allerdings die einen mehr, die andern weniger betroffen. Am häufigsten wird wohl die Eiche, weil einzeln stehend, oder als Ueberhälter ihre Umgebung weit überragend, vom Blitz getroffen, ebenso die Pyramidenpappel; von den Nadelhölzern sehen wir Föhre und Fichte häufig geschädigt — dagegen scheint die Rotbuche sehr selten heimgesucht, so daß sie in manchen Gegenden geradezu als blitzsicher gilt. [1])

3. Gefährdungen durch Winde und Stürme.

§ 102. Luftbewegung von mäßiger Stärke und Schnelligkeit nennen wir W i n d; erreicht die Schnelligkeit 22 Meter in der Sekunde, so bezeichnen wir diese Bewegung der Luft als S t u r m , eine solche von 35 Meter und mehr als O r k a n. Nicht nur die beiden letztern, auch der erstere wird unter Umständen den Waldungen nachteilig, doch treten diese Nachteile hier erst nach längerer Einwirkung, bei den Stürmen aber sofort zutage.

Durch die anhaltend oder doch oft aus der gleichen Richtung kommenden W i n d e finden wir an Wald- und Bestandsrändern, auf Bergköpfen und freiliegenden Rücken das Laub weggeweht, wodurch also die wohltätige Humusbildung verhindert, der Boden bloßgelegt, dem Vermagern und Austrocknen preisgegeben wird. Wir sehen hier jüngere Pflanzen kümmern, ältere Bäume im Wuchs nachlassen, dürrwipfelig werden, sehen den Bestand verlichten, den Boden sich mit Heidelbeerkraut und Heide überziehen. In Eichen- und Buchenbeständen tritt dies in oft sehr deutlicher Weise zutage, weniger in Nadelholzwaldungen, deren Decke dem Verwehen weniger ausgesetzt ist; doch macht sich auch in ihnen die austrocknende Wirkung des Windes bemerkbar. Letztere zeigt sich besonders deutlich bei den trockenen Ostwinden und wird im Frühjahr, zur Kulturzeit und unmittelbar nach derselben, zur besondern Gefahr für Saaten und Pflanzungen. — In hohen Freilagen, namentlich aber auch in der Nähe des Meeres, macht sich der Einfluß der anhaltend aus einer Richtung wehenden Winde (in Deutschland der West- und Nordwestwinde) auch d i r e k t auf die Vegetation geltend — in kümmerndem, krüppeligem Wuchs, schiefer Stellung, einseitiger Beastung der Stämme, zerrissenen, unregelmäßigen Kronen.

Gegen diese letzteren Wirkungen steht uns nur das Schutzmittel einer sorgfältigen Erhaltung und möglichst plenterweise Behandlung des Bestandsrandes an der Windseite, der dann wenigstens die dahinter liegenden Bestände schützt, zu Gebot. Das Verwehen des Laubes suchen wir durch Bestandsmäntel (Waldmäntel), am besten aus einigen Reihen dichtbenadelter Fichten, besser noch aus dichten Laubholzhecken und Stockausschlägen bestehend, zu schützen, unterpflanzen den ganzen Saum mit Schattenhölzern, soweit dies die Bodenverhältnisse gestatten; auch grobscholliges Umhacken des verhärteten Bodens hat man angewendet, um das Laub in den Vertiefungen festzuhalten, dem Regenwasser das Eindringen in den Boden zu ermöglichen.

1) Vergl. die Mitteilungen von F e y e , Z. f. F. u. J. 1886. S.287, sowie die Mitt. von R. H a r t i g in s. „Pflanzenkrankheiten" (3. Aufl.) 1900. Ferner v. T u b e u f , „Gipfeldürre der Fichte" in der Naturw. Zeitschr. für Forst- und Landwirtschaft 1903, 1904, wonach das von ihm beobachtete Absterben zahlreicher Fichtenwipfel auf der bayr. Hochebene dem Blitz zugeschrieben wird.

Kultiviert man während trockener Ostwinde, so ist auf das Feuchthalten der Pflanzenwurzeln beim Ausheben, Transport und Einsetzen der Pflanzen jedmögliche Sorgfalt zu verwenden und hat das Einpflanzen der Anfertigung der Pflanzlöcher möglichst rasch zu folgen, damit die letztern und die Pflanzerde nicht zu stark austrocknen.

§ 103. Größer und mehr ins Auge fallend sind jene Beschädigungen, welche durch Stürme und Orkane den Waldungen zugehen. Einzelne Bäume, ja ganze Bestände werden entweder mit den Wurzeln aus dem Boden gehoben und niedergeworfen — Windwürfe oder Windfälle —, oder sie werden in größerer oder geringerer Höhe über dem Boden abgebrochen — Windbrüche; bald reißt hiebei der Wind nur einzelne Stämme nieder, bald bricht er, meist bei einem starken Stamm beginnend, Gassen und Streifen durch den Bestand, bald nur einzelne Löcher, und heftige Orkane brechen und werfen ganze Bestände und Bergwände ausnahmslos nieder [1]).

Eine lange Reihe von Nachteilen ist es, die dem Wald und dem Waldbesitzer durch größere Sturmbeschädigungen zugehen: durch das Zerbrechen und Zersplittern der Stämme geht eine Menge Nutzholz verloren, die massenhaften Splitter und Brüche sind selbst als Brennholz nicht verwertbar; die Arbeitslöhne steigen, die Holzpreise sinken, geringe Sortimente, wie Reisig- und Stockholz, werden bisweilen ganz unverwertbar. Die im Stadium des Besamungs- und Nachhiebes stehenden Schläge werden durch die geworfenen Mutterbäume, die Junghölzer durch die dies Schicksal teilenden Ueberhälter beschädigt; Bestände, die noch im besten Zuwachs standen, müssen wegen Durchlöcherung abgetrieben werden, andere, die erhalten bleiben, zeigen geringern Zuwachs, Verwilderung des Bodens, seinerzeit geringere Abtriebserträge und erschwerte natürliche Verjüngung. Endlich folgen den Sturmschäden, wie beim Schneebruch, nicht selten schädliche Forstinsekten, denen in dem liegenden und hängenden kränkelnden Holz, den zahllosen Stöcken reiche Brutstätten geboten sind.

§ 104. Mancherlei Umstände und Einflüsse bedingen die Größe der Sturmgefahr und Sturmbeschädigungen.

Stürme treten vorzugsweise im Spätherbst und Frühjahr ein (Aequinoktialstürme); demgemäß sind es erklärlicherweise die auch zu dieser Zeit belaubten wintergrünen Nadelhölzer, die, dem Wind eine größere Angriffsfläche bietend, vor allem gefährdet sind. Obenan steht hier die Fichte mit ihrer dichten Benadelung, ihrem langen Schaft und ihrer flachen Bewurzelung, durch letztere namentlich dem Windwurf ausgesetzt; etwas sturmfester ist bereits die tiefer wurzelnde Tanne, dann die lichtkronige und ebenfalls tiefwurzelnde Föhre, die allerdings in dem leichten Sandboden, ihrem Hauptstandort, nur geringeren Halt findet, auf flachgründigerem solchem Boden sogar sehr gefährdet ist. Die Lärche und die Laubhölzer leiden nur wenig, von letzteren infolge ihrer flachern Bewurzelung etwa Aspe, Birke, Hainbuche, die Rotbuche dagegen nur bei heftigen Stürmen und in exponierten Lagen; am sturmfestesten erscheint die Eiche. Die selteneren Sommerstürme, Zyklone, gefährden natürlich die Laubhölzer in gleichem Maße.

Mit dem Alter der Bestände und sonach auch mit der Umtriebszeit steigt die Sturmgefahr, die der Niederwald gar nicht, der Mittelwald nur in geringem Maß kennt; der Plenterwald mit im freieren Stand erwachsenen Stämmen erweist sich sturmfester als der gleichalterige Hochwald. Zum Zweck der natürlichen Ver-

1) Vergl. „Forstliche Sturmbeobachtungen im Mittelgebirg" von Oberförster Eifert, A. F.- u. J.-Z. 1903 und Bargmann, das. 1904.

jüngung gelichtete Bestände sind stets gefährdeter, als noch geschlossene — ein Grund für viele, von der natürlichen Verjüngung der Fichte abzusehen.

Auch der Standort spielt eine nicht geringe Rolle bei der Gefahr durch Stürme: Südwest-, West- und Nordwestgehänge, Bergköpfe und Rücken sind in höherem Grade exponiert, als mehr oder weniger gegen Nord und Ost geneigte Oertlichkeiten; vorliegende Berge schwächen die Gefahr ab; guter Boden mit sehr langschaftigem Holzwuchs, dann flachgründiger, lockerer, mooriger und feuchter Boden erhöht die Sturmgefahr, tiefgründiger, steiniger, bindender Boden verringert diese, und zwar gilt dies vor allem bez. der Windwürfe, die unter den ersteren Verhältnissen häufiger eintreten, während in letzterem Falle der Windbruch zu fürchten ist. Sind, wie häufig, die Westwinde von Regen begleitet, so erhöht das Durchweichen des Bodens gleichfalls die Gefahr des Windwurfes; bei stark gefrorenem Boden werden wir den Bruch der Stämme überwiegen sehen, ebenso bei kernfaulen Stämmen, bei Stämmen mit schadhaften Stellen infolge früherer Verletzungen durch Harzgewinnung oder Schälen des Wildes.

§ 105. Auf Grund der Beobachtungen über das Verhalten der einzelnen Holzarten und Standörtlichkeiten gegenüber den Stürmen, wie der allgemeinen und lokalen Erfahrungen über die herrschende Windrichtung suchen wir nun den Beschädigungen durch Stürme möglichst vorzubeugen — gegen heftige Stürme oder gar Orkane versagen allerdings diese Vorbeugungs-Maßregeln!

Von ganz hervorragender Bedeutung unter diesen letzteren ist insbesondere für Nadelholzwaldungen die Hiebsführung, die richtige Aneinanderreihung der Schläge. Gestützt auf die Wahrnehmung, daß plötzliche Freistellung bisher geschützt gestandener Stämme besonders gefährlich ist, daß in stetem Kampf mit dem Wind aufgewachsene Stämme und Bestandsränder besonders widerstandsfähig sind, greifen wir die Bestände tunlichst auf der den herrschenden Stürmen entgegengesetzten Seite an — sonach in Deutschland, woselbst die heftigsten Stürme aus West, Süd- und Nordwest zu kommen pflegen, an der Ost-, Nord-, Nordost- oder der Südostseite, unbeschadet natürlich lokaler Abweichungen von der herrschenden Sturmrichtung, — und führen die Hiebe den Stürmen so entgegen, daß stets der geschlossene Bestand nach der Sturmseite vorliegt, dessen sturmfester Westrand bis zuletzt erhalten bleibt. Die Erhaltung eines solchen sturmfesten, stark bewurzelten und tief herab beasteten Waldmantels ist von großer Bedeutung.

Ebenso ist die plötzliche Freistellung jüngerer, aber doch schon sturmgefährdeter Bestände durch Abnutzung älterer, auf der Sturmseite vorliegender Bestände zu vermeiden, und es müssen einer zweckmäßigen Hiebsführung durch den spätern Abtrieb älterer und die frühere Nutzung jüngerer Bestände nicht selten wesentliche Opfer an Zuwachs und Nutzwert gebracht werden. Durch sog. Loshiebe, d. h. durch frühzeitigen Abtrieb eines 10—15 m breiten, alsbald wieder anzupflanzenden Streifens des älteren Bestandes auf der Grenze der beiden Bestände, tunlichst rechtwinklig zur Sturmrichtung, sucht man dem jungen Bestand die Möglichkeit selbständiger Bemantelung durch entsprechende seitliche Wurzelbildung und Beastung zu geben und hiedurch die seinerzeitige Wegnahme des alten Bestandes ohne Gefährdung des jüngeren zu ermöglichen [1]).

Den Hieben zum Zweck der natürlichen Verjüngung in Fichten- und Tannenbeständen wird man keine zu große Ausdehnung geben, da mit solcher die Sturm-

1) Ueber die im Prinzip richtigen, gleichwohl außerhalb Thüringen und Sachsen minder verbreiteten Loshiebe hat Heß in der allg. Forst- und Jagdzeitung 1862. S. 369 eingehend berichtet.

gefahr wächst, sondern wird diese Hiebe in schmalen Streifen der Sturmrichtung entgegen führen; dagegen wird man in gefährdeten Lagen auf die natürliche Verjüngung der Fichte, ebenso auf das Ueberhalten von Föhren in den zweiten Umtrieb verzichten, wird den gefährdeten Holzarten sturmfestere beizumischen suchen — so den Nadelhölzern in passenden Oertlichkeiten die Buche, der Fichte die Tanne und Föhre; wird schon bei der Aufforstung holzleerer Flächen auf Anzucht eines Waldmantels von sturmfesteren Holzarten Bedacht nehmen.

Es ist in erster Linie Aufgabe einer guten Forsteinrichtung, den Sturmgefährdungen durch eine zweckmäßige Reihenfolge in der Abnutzung der Bestände, durch Bildung richtiger Hiebszüge, rechtzeitige Einlegung von Loshieben Rechnung zu tragen; für reine Fichtenwaldungen ist dies von größter Bedeutung.

Ist aber eine größere Windbruchkalamität über einen Waldkomplex hereingebrochen, dann gelten bez. der Aufarbeitung und Konservierung des Holzes, der Vorsichtsmaßregeln gegen schädliche Insekten die gleichen Grundsätze, wie sie oben bez. des Schneebruchholzes (s. § 99) angegeben wurden. Der Umstand, daß man es vorwiegend mit stärkerem Holz zu tun hat, erleichtert Aufarbeitung und Verwertung.

IV. Krankheiten der Holzgewächse.

Literatur: R. Hartig, Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten, 3. Aufl. 1900. — Derselbe, Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelholzbäume und der Eiche. 1878. — Derselbe, Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut in München 1880.

§ 106. Ueber kein Gebiet unserer Disziplin war man wohl länger im Unklaren, als über jenes der sog. Pflanzenkrankheiten, über deren Ursachen und Folgen, und in nicht wenig Fällen — so bei den Pilzen — hielt man das für die Folge, was eigentlich die Ursache war. Kein Gebiet bot aber wohl auch der Forschung größere Schwierigkeiten, und insbesondere war dasselbe für den eigentlichen Forstmann schwer zu betreten und mit Erfolg zu bebauen: der Botaniker, der mit allen Hilfsmitteln der Wissenschaft ausgerüstete Forscher, mußte ihm zu Hilfe kommen, sollte ein entsprechendes Resultat erzielt werden.

Neben andern Forschern war es vor allem Robert Hartig, der sich dem Studium der Pflanzenkrankheiten mit großem Erfolg gewidmet, der Licht in dies bisher dunkle Gebiet gebracht und zahlreiche Rätsel gelöst hat, dabei auch gleichzeitig Fingerzeige gebend, wie so mancher unsern Holzgewächsen drohenden Gefahr vorzubeugen sei. Diesem verdienten Forscher folgen wir denn auch in der nachstehenden kurzen Skizze über die Pflanzenkrankheiten vorzugsweise und verweisen im übrigen auf dessen oben angegebene Werke behufs näherer Belehrung [1]).

Pflanzenkrankheiten nennt man jene Störungen im Organismus, durch welche die ganze Pflanze oder doch ein Teil derselben zu vorzeitigem Absterben veranlaßt wird. Die Ursachen dieserStörungen aber können verschiedene sein, nämlich:

1. Aeußere Verwundungen und Verletzungen,
2. Ungünstige Einflüsse des Bodens,
3. Ungünstige atmosphärische Einflüsse, und
4. Phanerogame oder kryptogame Pflanzen.

1) Es möge jedoch hier nicht unerwähnt bleiben, daß einzelne Stimmen manchen der Hartigschen Forschungen geringere Bedeutung beimessen, — vergl. Nördlinger, Forstschutz (Einleitung) und Borggreve in F.-Bl. 1886. S. 121 und 1887. S. 18, dann Möller in F.-Bl. 1889. S. 134.

Nicht jederzeit aber sind die Pflanzen gegen diese äußern Einflüsse gleich empfänglich, sondern gewisse Zeiten und Verhältnisse, vorübergehende, im übrigen ganz normale Zustände lassen sie gegenüber solchen Einflüssen besonders empfindlich erscheinen, prädisponieren sie zu Erkrankungen. So sehen wir manche Gewächse nur im jugendlichen Alter für gewisse Krankheiten besonders empfänglich, für andere dagegen erst in höherem Alter, sehen im Schutz und Schatten erwachsene Pflanzen gegen die Einwirkung von Frost und Hitze empfindlicher als solche, die im Freien erwuchsen, sehen in Glattrindigkeit und plötzlicher Freistellung eine Veranlassung zur Erscheinung des Rindenbrandes, beobachten, daß Pilzkrankheiten bei feuchtem Wetter in höherem Grad überhandnehmen u. dgl. mehr. Das Zusammentreffen besonderer Empfänglichkeit, begünstigender Umstände mit Krankheitsursachen wird die Erkrankung dann häufiger und intensiver auftreten, entgegengesetzten Falles vielleicht spurlos vorübergehen lassen.

1. Krankheiten infolge von Verwundungen.

§ 107. Auf die mannigfachste Weise gehen den Pflanzen und Bäumen während ihrer oft so langen Lebensdauer geringere oder größere Verletzungen zu: bei dem Fällen und Ausbringen des Holzes erleiden Stämme und Wurzeln Quetschungen und Rindeabschürfungen, Aeste werden abgerissen, brechen dürr werdend ab oder werden durch Aufastung mittelst Axt und Säge entfernt; durch Harznutzung, Schälen oder Fegen des Wildes, Benagen der Rinde durch Kaninchen, Mäuse, Eichhörnchen, endlich durch Insekten verschiedener Art werden ebenfalls nicht wenige Verletzungen verursacht, die teils Veranlassung zur Infektion durch parasitäre Pilze und dadurch bedingter Zersetzung des Holzes, teils zur Zersetzung des Holzes durch saprophytische Pilze unter Mitwirkung der Atmosphärilien geben — Hartig bezeichnet diese Form der Zersetzung als Wundfäule.

Auf mancherlei Weise schützt sich der Stamm gegen die äußern Einflüsse bei solchen Verletzungen: bei den Nadelhölzern insbesondere durch alsbaldigen Harzaustritt und Ueberziehen der Wunde mit Harz, bei Laubhölzern durch Entstehung sog. Schutzholzes, dann aber bei Laub- und Nadelholz durch die bekannte Erscheinung der Ueberwallung, die aber bei größeren Wundflächen nicht rasch genug eintritt, um das Entstehen der Wundfäule zu hindern. Unter Zutritt von Regenwasser beginnen sich die bloßgelegten und abgestorbenen Zellen zu bräunen und zu zersetzen; das Holz färbt sich durch die dunkle Humuslösung schwarzbraun und erst in höheren Zersetzungsstadien wieder heller. Schließt sich die Wunde durch Ueberwallung, den weitern Zutritt des Regenwassers hemmend, so wird das Weiterdringen der Fäulnis sehr verlangsamt oder hört selbst ganz auf.

Um der Wundfäule, die das Holz zu technischer Verwendung unbrauchbar macht, vorzubeugen, wird man Verletzungen der Stämme möglichst zu verhindern suchen: durch Vorsicht beim Fällen und Rücken des Holzes, bei Ausastungen, die immer möglichst nahe am Stamm, ohne weitere Rindenverletzungen, bei Laubhölzern außer der Saftzeit geschehen und bez. starker Aeste tunlichst unterlassen werden sollten. Man wird ferner die Wunden der Laubhölzer nach dem Entasten durch Bestreichen mit Teer gegen die Feuchtigkeit zu schützen suchen, bei einzelnen wertvolleren Stämmen (im Park) die Ueberwallung durch Entfernung toter und gequetschter Rindenteile befördern, eventuell durch Umwicklung des Stammes mit feuchter Leinwand oder Wachstuch das Vertrocknen des Cambiums verhindern.

2. Erkrankungen durch Einflüsse des Bodens.

§ 108. Die c h e m i s c h e Konstitution des Bodens ist für Erkrankungen der Bäume und Bestände ohne Bedeutung, dagegen können ungünstige physikalische Eigenschaften desselben, namentlich Mangel oder Ueberfluß an Feuchtigkeit, fehlender Luftwechsel im Boden, solche hervorrufen. Als solche Erkrankungen erscheinen nun:

G i p f e l d ü r r e oder Z o p f t r o c k n i s: in höherem Alter der Bäume als Beginn des Absterbens auftretend, sehen wir sie auch in jüngern, noch zuwachsfähigen Beständen als Folge von mangelnder Feuchtigkeit und damit zusammenhängend von Nahrungsmangel; so werden Erlenbestände infolge von Entwässerung, Tieferlegung eines nahen Wasserspiegels wipfeldürr, ebenso Buchenbestände durch wiederholte Streunutzung insbesondere auf an sich trocknerem und ärmerem Boden, an Süd- und Westgehängen, Eichen bei Lichtstellung der Bestände und Vermagerung des Bodens, bei plötzlicher Freistellung und dadurch hervorgerufener Wasserreis-Bildung.

Die Gegenmittel, auf dem Gebiet des Waldbaues liegend, ergeben sich aus den Ursachen von selbst: Vorsicht bei jeglicher und Vermeidung zu starker Entwässerung, möglichste Beschränkung der Streunutzung zumal bei empfindlichen Holzarten und Oertlichkeiten, Deckung des Bodens in Eichenbeständen durch Unterbau, Unterlassen des Einzelüberhaltes.

Wie aber hier vielfach der Wassermangel, so ist auch umgekehrt ein Ueberschuß an Feuchtigkeit — wie schon früher hervorgehoben — der Vegetation nachteilig, und wir sehen, wohl als Folge des durch Feuchtigkeit in Verbindung mit an sich schwerem, dichten Boden gehemmten Luftwechsels im Boden nicht selten in jüngern 20—30j. Föhrenbeständen die W u r z e l f ä u l e auftreten und derselben zahlreiche Stämme erliegen. Infolge des mangelnden Sauerstoffzutritts fault die Pfahlwurzel, die zwar in den bindenden Boden eindringen konnte, welcher aber bei eintretendem Schluß und dichter Humusdecke der nötige Luftwechsel entzogen wurde, während die flach laufenden Seitenwurzeln gesund bleiben, und nach kurzem Kümmern bricht der Stamm bei irgend welchem äußern Anlaß — Wind, Schneebelastung — am Boden um [1]).

Man wird dem Uebel, durch welches die Bestände in bedenklichem Grad verlichten können, etwa dadurch vorzubeugen trachten, daß man durch baldige Durchforstung, Entfernung der luftabschließenden Humusdecke die Bodendurchlüftung fördert, wird eventuell bei der Wiederaufforstung zu andern, durch die Wurzelfäule minder gefährdeten Holzarten — Fichte, Laubhölzer — greifen oder sie wenigstens beimischen.

Aehnliche Verhältnisse ergeben sich bisweilen, wenn ältere Bäume infolge von Erdarbeiten in der Nähe tief übererdet werden und führen zu deren Absterben.

3. Erkrankungen durch atmosphärische Einflüsse.

§ 109. Beschädigungen durch Frost und Hitze, insofern hiedurch Pflanzen oder Pflanzenteile direkt getötet werden, können nicht wohl als Pflanzen k r a n k h e i t e n betrachtet werden, wurden deshalb auch in speziellen Abschnitten behandelt. Wohl aber könnte man hierher jene durch die eben genannten atmosphärischen Einflüsse hervorgerufenen Beschädigungen rechnen, welche wir als F r o s t r i s s e

1) Nach G o d b e r s e n (Die Kiefer) tritt diese Krankheit insbes. auf bisherigem Feldboden ein und steht in Verbindung mit dem Kiefernwurzelpilz Polyporus annosus.

und Rindenbrand bereits (§ 87 und 94) kennen gelernt und um des bessern Zusammenhanges willen in jenen Abschnitten mit besprochen haben, da durch beide für die betroffenen Bäume der Grund zur Fäulnis gelegt wird (Rindenbrand) oder doch gelegt werden kann (Frostriß). Auch krebsartige Krankheiten können nach Hartig durch Frost hervorgerufen werden und würden als Frostkrebs hier zu erwähnen sein.

Die in der Neuzeit so häufigen Waldbeschädigungen durch Steinkohlen- oder Hüttenrauch wurden, weil Folgen menschlicher Tätigkeit, in Abschnitt I § 17 und 18 besprochen.

§ 110. Eine weitere Krankheitserscheinung möge hier besprochen sein und den Uebergang zu den durch Pilze erregten Schäden bilden: es ist dies die unter dem Namen der Schütte allbekannte Kinderkrankheit der Föhre, die von den einen der Wirkung von Frühfrösten, von andern einem Vertrocknungsprozeß und endlich von dritten Pilzen zugeschrieben wurde, nach den neuerdings geltend gewordenen Anschauungen aber wohl allgemein auf eine Pilzerkrankung zurückgeführt wird.

Während Professor Ebermayer den Grund in einer Vertrocknung der Nadeln suchte, welche im zeitigen Frühjahr bei Sonnenschein das durch Verdunstung verlorene Wasser aus dem noch gefrorenen Boden nicht ersetzen konnten, hatten schon vor 30 Jahren Prantl und Tursky festgestellt, daß die Schütte durch einen Pilz, den Kiefernritzenschort, Lophodermium (früher Hysterium) pinastri, veranlaßt werde. Professor Dr. von Tubeuf kommt durch von ihm ausgeführte Infektionsversuche zu dem Satz: „Daß der Schüttepilz an den Nadeln junger Pflanzen parasitär auftritt, erscheint zweifellos [1])", und Professor Dr. H. Mayr, der solche Versuche ebenfalls angestellt hat, spricht auf Grund derselben die Ueberzeugung aus [2]), daß es weder eine Frost- noch Ueberverdunstungsschütte gebe, sondern nur eine Pilzschütte, veranlaßt durch eine Infektion mit Sporen des oben genannten Pilzes.

Diese Infektion erfolgt an einjährigen, wie älteren Pflanzen nur zur Zeit des Wachstums der Nadeln, von Mai bis Juli; die Zunahme der Mißfarbigkeit und endliche Rötung der Nadeln im Herbst und Winter ist keine Ausbreitung der Krankheit auf gesunde Gebiete, sondern nur fortschreitende Entwickelung des Schüttepilzes. Die infizierenden Sporen haben nur geringe Flugfähigkeit, verbreiten sich aber ausfallend durch Wind auf ihre nächste Umgebung.

Stets sind es nur schwächere 1—5jährige Pflanzen, welche vollständig von der Schütte befallen werden, während an älteren Pflanzen nur die untern Aeste die Erkrankung zeigen. Schwächere Pflanzen, so namentlich jene in dichten Saatkulturen und Saatbeeten, sterben ab, kräftigere erholen sich wohl wieder, doch werden die Saatbeetpflanzen wohl stets als verloren bezw. unbrauchbar zu betrachten sein; zweijährige Föhren im Saatbeet schütten fast unausbleiblich. Für den Wirtschafter aber entstehen durch die bisweilen innerhalb weniger Tage sichtbar werdende Erkrankung seiner Föhrensaatbeete oft große Verlegenheiten.

Als Mittel der Vorbeugung in Saatkämpen empfiehlt Mayr die Ansaat vieler kleiner Kämpe oder die Trennung der Saatbeete im größern Kamp durch isolierende Hecken von Fichten, Thujen u. dgl., das Untergraben der getöteten oder

1) „Studien über die Schüttekrankheit" 1901 in Arbeiten aus der biologischen Abteilung für Land- und Forstwirtschaft am Kaiserl. Gesundheitsamte.

2) „Ist der Schüttepilz ein Parasit?" Forstw. Z.-Bl. 1902 S. 473 und 1903 S. 547.

stark erkrankten Pflanzen und Benutzung der Saatbeete zur Nachzucht anderer Holzarten.

Zur Bekämpfung der Schütte in Saatkulturen hat die Neuzeit ein Mittel durch Bespritzung mit Kupfersalzen gebracht [1]). Zur Verwendung kommt insbesondere die sog. Bordelaiser Brühe, hergestellt durch Lösung von 2 kg Kupfervitriol in 100 l Wasser unter Zusatz von 1 kg frisch gebranntem Kalk, dann eine Kupfersoda-Brühe — 1 kg Kupfersoda in 100 l Wasser —, endlich auch Lösungen von Kupferzuckerkalk und Kupferklebekalk. Mit diesen Brühen werden die im 2. Lebensjahr stehenden Kiefernstreifensaaten im Sommer (Juni bis September) teils ein-, teils mehrmals mit Hilfe einer Rebenspritze bespritzt und hiedurch in vielen — nicht allen — Fällen gute Erfolge erzielt; in den Saatbeeten dagegen an den im ersten Lebensjahr stehenden Pflanzen erweist sich das Bespritzen als erfolglos. — Eine Wiederholung des Bespritzens der Kulturen im 3. und 4. Lebensjahr ist bisweilen nötig. Die nicht geringen Kosten stehen der ausgedehnten Anwendung etwas im Weg.

4. Erkrankungen durch Pilze [2]).

§ 111. Wie insbesondere durch Robert Hartig nachgewiesen wurde, werden eine nicht geringe Anzahl von Mißbildungen und Erkrankungen unserer Waldbäume durch auf und in ihnen wuchernde parasitische Pilze hervorgerufen. Teils auf dem Weg direkter Ansteckung, indem das sog. Mycelium des Pilzes unterirdisch (weil es oberirdisch dem raschen Vertrocknen ausgesetzt sein würde), von der Wurzel einer erkrankten Pflanze ausgehend, in jene der Nachbarpflanze eindringt, teils durch die Sporen, die in großer Masse erzeugten, sehr kleinen und daher durch Wind, durch Tiere und Menschen leicht zu verschleppenden Fortpflanzungsorgane, gelangen die Pilze auf und in die Gewächse, wobei ihnen nicht selten Verwundungen irgend welcher Art den Zugang öffnen. In verschiedenster Weise beeinträchtigen sie dann die Wirtspflanze, bald nur unwesentliche Mißbildungen hervorrufend, bald das Holz zersetzend, bald den Baum, die Pflanze mehr oder weniger rasch tötend.

Es ist jedenfalls Aufgabe des Forstmannes, sich auch mit diesen Feinden des Waldes bekannt zu machen, umsomehr, als gar manchen durch vorbeugende Maßregeln entgegengearbeitet, die weitere Verbreitung oder Wiederholung des Schadens vermieden werden kann. Als solche Maßregeln im allgemeinen bezeichnet Hartig die Erziehung gemischter Bestände, wodurch jeder Baum gleichsam durch Nachbarbäume anderer Art isoliert, gegen direkte Ansteckung geschützt werde; Wechsel der Holzarten auf Böden, die durch Wurzelparasiten infiziert sind; Ausreißen erkrankter Pflanzen tunlichst mit den Wurzeln, Entfernung pilzkranker Stämme (Schwammbäume etc.); Isolierung erkrankter Bestandspartien (bei Wurzelparasiten) durch Stichgräben.

Dem knappen uns hier gestatteten Raum entsprechend führen wir nur jene durch Pilze hervorgerufene Krankheiten an, welche einerseits durch häufiges Auftreten ins Auge fallen oder bez. deren uns Maßregeln des Schutzes zur Seite stehen. Systematik und Lebensweise der Pilze gehören in das Gebiet der Forstbotanik.

a. Pilze auf Blättern und Nadeln.

§ 112. Der Buchenkeimlingspilz, Phytophtora omnivora (früher fagi, weil zuerst an der Buche beobachtet), tritt vorwiegend auf den Keimpflanzen

1) Osterheld, Friedrich, Die erfolgreiche Bekämpfung der Kiefernschütte. Forstw. Z.-Bl. 1898 S. 399.

2) Bezüglich der Besprechung der Pilze an dieser Stelle, statt bei dem Schaden durch Pflanzen, sei auf das in § 85 Gesagte verwiesen.

der Rotbuche auf, ebenso aber auch auf jenen des Ahorns und sämtlicher Nadelhölzer, und äußert sich durch Schwarz- oder Schwarzfleckigwerden der Stengel, Samenlappen und ersten Blätter. Die befallenen Pflanzen gehen rasch zugrunde, die jungen Nadelholzkeimlinge sterben oft in großer Menge während des Aufgehens oder unmittelbar nach demselben ab. Feuchtwarmes Wetter befördert die Verbreitung sehr; die sich rasch entwickelnden Schwärmsporen gelangen teils direkt, teils durch Verschleppung (im Pelz der Mäuse, Kleidern der Menschen) auf die Nachbarn wie auf entferntere Pflanzen, auch diese infizierend und tötend.

Vorsichtiges Ausziehen erkrankter Pflanzen im Saatbeet oder Uebererden beim Zusammenstehen vieler; Vermeiden der Wiederbenutzung eines infizierten Saatkampes zur Saat, da die Sporen mehrere Jahre keimfähig bleiben, werden als Schutz- und Vorbeugungsmittel zu betrachten sein.

Als eine vorher wenig beobachtete Erscheinung ist in den Jahren 1908—1911 der Eichenmehltau in ganz Deutschland wie den Nachbarländern epidemisch aufgetreten, die Blätter und Triebe insbesondere von Eichen-Stockausschlägen und jüngeren Pflanzen mit weißem Mycel überziehend. Blätter und Triebspitzen bräunen sich vielfach und werden trocken, insbesondere die Johannitriebe. Die Zugehörigkeit des Pilzes (ob Microsphära quercina oder Erysiphe Quercus) konnte, da bisher nur Konidien gefunden wurden, noch nicht festgestellt werden. Gegenmittel sind nicht anwendbar [1]).

Häufig treten auf den Nadeln unserer Nadelhölzer, wie auf den Blättern von Laubhölzern Erscheinungen auf, die man nach ihrer Färbung als Rosterscheinungen bezeichnet hat. Als einer der verbreitetsten sei hier der Fichtennadelrost (Chrysomyxa abietis) genannt, der auf den jungen Nadeln der Fichte, insbesondere in Dickungen und Stangenhölzern, auftretend diese im infizierten Teil gelb färbt und zum Vertrocknen und Abfallen bringt. Die Erscheinung tritt in manchen Jahren in sehr bedeutendem Grad auf, in anderen nur sehr schwach — die Witterungsverhältnisse zur Zeit des Ausfallens der Sporidien spielen hiebei offenbar eine sehr wesentliche Rolle; eine Gefahr, die zu Gegenmitteln aufforderte, bringt sie jedoch nicht mit sich. Aehnliche Erscheinungen treten auf den Nadeln der Tanne und Lärche auf.

Auch der Kiefernritzenschorf (Lophodermium Pinastri) gehört hierher; auf den natürlich absterbenden Kiefernnadeln allenthalben als Saprophyt auftretend, finden wir ihn auch parasitisch auf den grünen Nadeln junger Pflanzen, die bekannte und schon oben besprochene Krankheit der Schütte erzeugend. (Vergl. § 110.)

b. Pilze an den Wurzeln.

§ 113. Der Honigpilz oder Hallimasch (Agaricus melleus) ist ein sehr verbreiteter Pilz, der teils saprophytisch an den abgestorbenen Stöcken und Stämmen von Laub- und Nadelholz lebt, teils als echter Parasit insbesondere jüngere Nadelholzpflanzen befällt und tötet, und als Kulturverderber schon sehr schädlich aufgetreten ist. Die unterirdisch fortwachsenden schwarzen Mycelstränge des Pilzes bohren sich in die Rinde der Wurzeln ein, auf die sie stoßen, und verbreiten sich dann unter der Rinde emporwachsend als ein weißes hautartiges Gewebe, das Rindengewebe tötend. Im Herbst entwickeln sich sowohl an infizierten Pflanzen und Stämmen, wie an im Boden wachsenden Mycelsträngen (Rhizomorphen) vielfach die großen

1) Bericht der biol. Anstalt für Land- und Forstwirtschaft 1908. Forstl. naturw. Zeitschrift 1909. 1910.

braungelben Schwämme, die Fruchtträger, deren Sporen durch Wind und Tiere weiter verbreitet werden. Charakteristisch ist der starke Harzfluß, den die befallenen Pflanzen unmittelbar an und über der Erde zeigen. — Auch ältere Stämme fallen diesem Pilz zum Opfer.

In Nadelholzkulturen macht sich der Pilz durch das platzweise Erkranken und Absterben von Pflanzen oft sehr lästig und veranlaßt wiederholte Nachbesserungen. Man wird die erkrankten Partien zur Vermeidung weiterer unterirdischer Ansteckung durch Stichgräben isolieren, die kranken Pflanzen ausreißen und verbrennen, die Lücken wo möglich mit Laubholz statt mit aufs neue bedrohten Nadelholzpflanzen ausfüllen.

Der Wurzelschwamm (Trametes radiciperda oder Polyporus annosus) lebt ebenfalls saprophytisch wie als Parasit und ist als solcher ein gefährlicher Feind der Fichten- und Föhrenbestände, in welchen er als Ursache der Rotfäule und des Absterbens zahlreicher Individuen auftritt, die Bestände licht und lückig machend. Die Ansteckung erfolgt in doppelter Weise, durch Sporen wie durch den Kontakt der Wurzeln eines erkrankten mit jenen eines gesunden Stammes, wobei dann von der infizierten Wurzel aus die Fäulnis bei der Fichte oft rasch im Stamm aufwärts dringt, während bei der Föhre durch den starken Harzgehalt und das Ergießen des Harzes aus den zersetzten in die unzersetzten Schichten der Wurzelstock verkient, wodurch dem Aufsteigen der Fäulnis im Baum ein Hindernis entgegengesetzt wird, der Stamm aber rasch abstirbt. — Das Mycel des Pilzes dringt teils ins Holz, dieses zersetzend, teils ins Bastgewebe, dasselbe tötend; die Fruchtträger des Pilzes erscheinen am Wurzelstock und den Seitenwurzeln, weiß, auf der sterilen Seite braun, auch ringförmig in mannigfacher Weise gefärbt und von verschiedener Gestalt, und vegetieren 4—5 Jahre fort.

Mittel gegen diesen Pilz stehen uns nicht zur Verfügung; vor den von Hartig empfohlenen isolierenden Stichgräben wird von anderer Seite (Kienitz, Möller) geradezu gewarnt, da sich in ihnen aus allen etwa durchstochenen erkrankten Wurzeln üppige Fruchtkörper entwickeln, die der Verbreitung des Pilzes durch Sporen Vorschub leisten.

In Eichensaatbeeten wurde der Eichenwurzeltöter (Rosellinia quercina) vielfach beobachtet, ein Pilz, der mit seinen Strängen die Wurzeln 1—3jähriger Eichen umspinnt und, in die jüngsten Wurzelteile eindringend, diese in kurzer Frist tötet. Die Pflanzen verbleichen und vertrocknen, und insbesondere in feuchten Sommern nimmt die Krankheit oft größere Dimensionen an. — Auch hier werden, da die Ansteckung nur unterirdisch durch Kontakt erfolgt, isolierende Stichgräben um befallene Pflanzengruppen sowie Ausgraben und Verbrennen erkrankter Pflanzen als Gegenmittel empfohlen.

c. Pilze am Stamm.

§ 114. Allbekannt sind die Löcherpilze oder Baumschwämme der Gattung Polyporus, die früher allgemein als ein Beweis für die Erkrankung eines Baumes und für auf und in dem abgestorbenen Holz lebende Saprophyten gehalten wurden, die aber zum Teil auch echte Parasiten sind, deren Mycel im Innern des Stammes wuchert, das Holz zersetzend, während die verschieden gestalteten, häufig konsolenförmigen Fruchtträger außen am Stamm sitzen. — Da die Ansteckung durch die in großer Zahl erzeugten Sporen erfolgt, wenn diese eine passende Keimstätte in Astwunden, Schälrissen u. dgl. finden, so erscheint baldmöglichste Ent-

fernung der Schwammbäume umsomehr geboten, als der Zersetzungsprozeß in deren Innerem raschen Fortgang zu nehmen pflegt. Es sind Laub- wie Nadelhölzer, welche diese Erkrankung zeigen, und kommen einzelne Polyporus-Arten nur auf einer Holzart, andere an den verschiedensten Laub- und Nadelhölzern vor.

Der Lärchenkrebspilz (Peziza Willkommii) erscheint als eine sehr häufige Krankheit der jüngern Lärchen, diese verunstaltend, zum Kümmern und selbst Absterben bringend. Dringen die Sporen an irgend einer Wundstelle des Stammes ein, so entwickelt sich das Mycel des Pilzes, wuchert unter der Rinde, deren Gewebe tötend und selbst ins Holz eindringend; infolge der Bildung von Korkschichten wird die Rinde ausgedehnt, platzt auf und es entsteht eine sog. Krebsstelle, auf der sich auch der Ausfluß von Terpentin zeigt und die sich alljährlich vergrößert, zuletzt bisweilen den Stamm umfassend und ihn dann tötend. Auf der Krebsstelle nimmt man die Fruchtträger des Pilzes, rote Schüsselfrüchte, wahr, aus kleinen gelbweißen Pusteln sich entwickelnd, die bei Trocknis und Luftzug sehr leicht vertrocknen und absterben. Hartig glaubt in diesem leichten Vertrocknen den Grund zu finden, weshalb die Lärchen in den lichten Beständen und luftigen Hochlagen der Alpen von dem Pilz wenig zu leiden haben, während die Krankheit in allen feuchteren und dumpfigeren Lagen und in geschlossenen Beständen nicht selten in solcher Ausdehnung auftritt, daß hiedurch die Erhaltung der Lärche direkt gefährdet erscheint. Vermeidung der eben bezeichneten Lagen und möglichst vorwüchsiger Anbau der Lärche im gemischten Bestand würden als Vorbeugungsmittel zu bezeichnen sein [1]).

Der Tannenpilz (Aecidium elatinum) erzeugt zunächst, wenn seine Sporen in eine Wundstelle eines Tannenastes eindringen, durch sein Mycel die bekannte eigentümliche Erscheinung der sog. Hexenbesen, deren oft auf einer Pflanze, einem Stämmchen eine größere Anzahl erscheint, beulenartige Auftreibung und Wucherung an der befallenen Stelle hervorrufend und von dieser Stelle aus, vielleicht auch durch direkte Infektion von Wundstellen an den Stamm gelangend. Hier erscheinen dann die gleichen, den ganzen Stamm umfassenden Anschwellungen, die später aufplatzend die sog. Krebsbeulen erzeugen: der Stamm wird an der betr. Stelle schadhaft, das Holz, durch Wundfäule oder eindringende andere Parasiten weiter zersetzt, zu Nutzholz untauglich, und bei Sturm oder bei Schneebelastung sehen wir die Stämme nicht selten an der befallenen Stelle abbrechen. Bei dem häufigen Auftreten des Krebses in Weißtannenbeständen (Schwarzwald) kann der Schaden ein sehr bedeutender werden; man sucht ihn durch sofortige Entfernung jeder krebskranken Tanne, insbesondere bei Durchforstungen, sowie durch tunlichste Beseitigung der Hexenbesen im Walde zu mindern.

Der Kiefernbaumschwamm (Trametes pini), vorzugsweise in den ältern Kiefernbeständen Norddeutschlands auftretend, selten in Süddeutschland, im übrigen auch an Fichten, Lärchen und Tannen beobachtet, erscheint als Ursache der sog. Ring- oder Kernschäle, die fast immer von den Aesten, also der Krone der Stämme, ausgeht. Seine Sporen, auf frische, durch Harzüberzug nicht geschützte Astwunden gelangend, lassen den Keimschlauch ins Innere des Stammes eindringen, und da sich das Mycel mit größerer Geschwindigkeit innerhalb des Jahresringes als seitlich verbreitet und das Holz zersetzt, so entsteht hiedurch die Ringschäle. Die nach reicher Wucherung des Mycels im Innern an jenen Stellen, wo tote Ast-

1) Borggreve tritt dieser Ansicht entgegen, hält vor allem die Lärchenmotte (s. § 60) für die Ursache des schlechten Gedeihens so vieler Lärchen. Vergl. A. F.- u. J.-Z. 1871. S. 133 und F.-Bl. 1875. S. 195. Nach Cieslars Angabe erscheint der Pilz in den Alpen an den Lärchen sehr häufig als unschädlicher Astkrebs an absterbenden Aesten.

stummel die Splintschicht durchsetzen, erscheinenden konsolenförmigen Fruchtträger fordern zu rascher Entfernung der infizierten Stämme auf. Der Schaden ist bei der großen Verbreitung des Baumschwammes ein außerordentlich großer, da die befallenen Stämme ganz oder großenteils zu Nutzholz unbrauchbar sind; gibt doch Möller den Anfall an Schwammholz in den preußischen Staatsforsten 1905—1908 auf rund 4 Millionen Festmeter an! Angesichts dessen hat die preuß. Regierung eine intensive Bekämpfung durch Aushieb der befallenen Stämme und, wo dies nicht tunlich, Beseitigung der Pilzkonsolen unter Bestreichung der Anheftungsstellen mit Raupenleim angeordnet [1]). Die abgestoßenen Konsolen sind zu verbrennen.

---

1) Möller, „Ueber die Notwendigkeit und Möglichkeit wirksamer Bekämpfung des Kiefernbaumschwammes", Z. f. F.- u. J.-W. 1904, und „Der Kampf gegen den Kiefernbaumschwamm" Z. f. F.- u. J.-W. 1910. S. 130.

VIII.

Die Wildbach- und Lawinenverbauung.

Von

Ferdinand Wang.

---

§ 1. Einleitung. Die außerordentlichen Hochwasserverheerungen, welche namentlich in den letzten Dezennien des verflossenen Jahrhunderts in rascher Folge das europäische Festland heimgesucht haben, lenkten die Aufmerksamkeit auf eine früher wenig geübte kulturelle Tätigkeit, auf die Verbauung der Wildbäche.

Seither vollzog sich auf dem in Rede stehenden Gebiete ein außerordentlicher Umschwung, es entwickelten sich Theorie und Technik der Verbauung, und die gemachten reichen Erfahrungen erwiesen die Zweckmäßigkeit und Notwendigkeit rationeller Verbauungsmaßnahmen.

Die zunehmenden Lawinenschäden erfordern ein energisches Vorgehen auch auf diesem Gebiete, welches sich gleichfalls einer steten technischen Entwicklung erfreut.

Wenn Natur und Technik dieser beiden kulturellen Maßnahmen in dem vorliegenden Handbuch in Kürze erörtert werden sollen, so geschieht dies aus dem Grunde, weil mit der Durchführung derselben in einzelnen Staaten, so insbesondere in Oesterreich und Frankreich, teilweise auch in der Schweiz, der Forstmann betraut ist, der übrigens auch allenthalben in die Lage versetzt werden kann, wenigstens kleine Uebel rasch, billig und wirksam zu heilen und hiemit großen Katastrophen in manchmal ganz unberechenbar günstiger Weise vorzubeugen.

Er soll deshalb zum mindesten im allgemeinen über die einschlägigen Verhältnisse unterrichtet sein, und hiezu sollen ihm die folgenden, durch den vorgeschriebenen Raum in enge Grenzen gezogenen Ausführungen dienen.

Dieselben bilden einen durch die Erfahrungen der letzten Jahre bereicherten kurzen Auszug des bei S. Hirzel in Leipzig in den Jahren 1902 und 1903 erschienenen Werkes des Verfassers: „Grundriß der Wildbachverbauung“ I. und II. Teil.

A. Die Wildbachverbauung.

§ 2. Die Charakteristik und Einteilung der Wildbäche. Aus naheliegenden Gründen ist es nicht leicht möglich, mit kurzen Worten eine allge-

mein geltende, sich allen Verhältnissen anschmiegende und erschöpfende Charakteristik der Wildbäche aufzustellen. Zeigen schon die Bäche der Alpen je nach den geognostischen, oro- und hydrographischen Verhältnissen oft wesentlich von einander verschiedene Eigenschaften, so muß selbstverständlich auch der Bach des Mittelgebirges, der Bach der Niederung, wenn zum Wildbach geworden, ganz besondere, unterscheidende Merkmale an sich tragen.

Immerhin drückt die Bezeichnung „Wildbach" allen jenen Gewässern, welche man mit Recht in diese Kategorie einreiht, einen gewissen Stempel auf, der sie vielleicht allgemein am besten, wenn auch nicht erschöpfend charakterisiert.

Ohne die speziellen Verhältnisse näher zu kennen, wird man unter der Bezeichnung „Wildbach" ein Gewässer vermuten, das nicht ununterbrochen, sondern nur bei gewissen Anlässen verhältnismäßig rasch und mit ganz außerordentlicher Kraftentwickelung die Wässer talabwärts führt und sich eben dadurch seiner Umgebung gefahrbringend zeigen muß. Dieses plötzliche oder doch sehr rasche Entfesseln ist es, das so eigentlich dem Bache den Charakter des Wildbaches gibt und dem auch die meisten und größten Verheerungen zugeschrieben werden müssen.

Bringt allein schon die plötzliche oder doch sehr rasche Zufuhr von großen Wassermassen Unzukömmlichkeiten aller Art mit sich, wie furchtbar müssen diese letzteren erst werden, wenn dem entfesselten Elemente noch Schotter, Schutt, Gerölle usw., wie dies in der Regel der Fall ist, beigemengt sind! Abgesehen von vielen schädlichen Folgen, als Verklausungen, zahlreichen Ufereinbrüchen usw., die eine solche Beimengung haben kann, muß auch die Ablagerung dieser letzteren besonders gefahrbringend sein.

Einer jeden, wenn man so sagen darf, krankhaften, raschen Entfesselung des Wildbaches muß auch verhältnismäßig rasch wieder ein — zumeist sehr teuer erkaufter — Zustand der Ruhe folgen. Aus verschiedenen Gründen bricht sich oft schon während des Verlaufes der Katastrophe die Kraft der Wässer des Wildbaches, und gleichsam erschlaffend läßt letzterer die mitgeführte Last, unbekümmert um die Oertlichkeit, sinken, ohne imstande zu sein, sie schadlos an andere Wässer abzugeben. Diese Ablagerung, Alluvion, macht nun aber die Wildbäche besonders beachtenswert und sie gehört zu den gefährlichsten Folgeerscheinungen ihrer Tätigkeit. Aus dem Vorstehenden kann der Schluß gezogen werden, daß einerseits rasche Entfesselung und Zufuhr von großen Wasser- und Geschiebemassen oder von beiden zugleich, dann andererseits in der Regel gefahrvolle Ablagerung der letzteren als die wesentlichsten Eigenschaften der Wildbäche anzusehen sind.

Diese sind wohl auch in größerem oder geringerem Maße den Flüssen eigen [1]). Es darf aber nicht außer acht gelassen werden, daß diese wildbachartigen Flüsse ihren Charakter zumeist dem Charakter jener Wildbäche verdanken, aus welchen sie sich zusammensetzen, und man muß sie umsomehr aus der Reihe der eigentlichen Wildbäche ausscheiden, als sie sich von den letzteren in einer Richtung ganz wesentlich unterscheiden. Während die eigentlichen Wildbäche mit verhältnismäßig kurzem Laufe und steilem Gefälle vorherrschend das Bestreben zeigen, ihre Sohle zu vertiefen, sich also kolkend verhalten, zeigen die wildbachartigen Flüsse mit verhältnismäßig längerem Laufe und geringerem Gefälle den Charakter des Flusses, d. h. sie erhöhen vorherrschend ihr Bett und verhalten sich entweder gar nicht oder doch nur in geringem Maße auf kurzen Strecken kolkend.

---

1) Prof. Dr. Breitenlohner, „Wie Murbrüche entstehen", Wien 1883.

Diese wildbachartigen Flüsse haben schon Fabre [1]) und Surell [2]) von den eigentlichen Wildbächen geschieden. Ersterer nennt sie zum Unterschiede von torrents, torrents-rivières, letzterer rivières torrentielles.

Die vorstehende allgemeine Charakteristik der Wildbäche erfährt eine wesentliche Ergänzung, wenn die von einigen Autoren getroffene Einteilung berücksichtigt wird.

Josef Duile [3]), der nur die Verhältnisse Tirols vor Augen hat, teilt die Wildbäche wie folgt ein:

1. In solche, welche ununterbrochen das ganze Jahr hindurch fließen; sie werden entweder von immerwährend tätigen Quellen oder von Seen und Gletschern gespeist;

2. In solche, welche erst beim Eintreten der wärmeren Witterung auftreten und mit der kälteren Witterung zu versiegen beginnen; ihnen gibt die Wärme, welche den auf den Gebirgen angehäuften und teilweise in Eis übergegangenen Schnee auflöst, ihr Entstehen; ihre Wassermasse steht daher immer im Verhältnisse zu dem Wärmegrade in den Sommermonaten und der den Winter hindurch gefallenen Masse des Schnees auf den Gebirgen;

3. in solche, die erst bei länger andauerndem, warmen Winde, außerordentlich warmen Regen, bei Hagel oder Wolkenbrüchen entstehen.

So sehr nützlich nach Anschauung Duile's die Wildbäche der beiden ersten Arten unter gewöhnlichen Verhältnissen dem Menschen durch fruchtbare Bewässerung der Fluren usw. werden können, so schädlich müssen sie, in tosende Wildbäche umgewandelt, sich erweisen. Da die Ursachen des Entstehens der Wildbäche der dritten Art zumeist nur in einzelnen Gegenden vorliegen, so sind die Verheerungen auch in den meisten Fällen nur partiell. Selbstverständlich werden aber durch diese Ursachen auch die Bäche der beiden ersten Arten in verheerende Wildwässer verwandelt.

Von einem ganz anderen Gesichtspunkte geht Surell [2]) bei der Klassifikation aus. Je nach der Lage des Aufnahmsbeckens unterscheidet er:

1. Wildbäche, die von einem Sattel ausgehen und in ein eigentliches Tal fließen;

2. solche, die von einem Gebirgskamm ausgehen und in der Linie des stärksten Gefälles herabstürzen und

3. solche, deren Ursprung unterhalb des Gebirgskammes und auf den Abhängen selbst gelegen ist.

Demontzey [4]), der einstige Leiter des Verbauungswesens in Frankreich, teilt die Wildbäche in zwei große Kategorien ein.

Die erste umfaßt alle jene Wildbäche, deren Schuttmassen lediglich von der Unterwühlung der Gebirgshänge herrühren. Er nennt sie die unterwühlenden Wildbäche, „torrents à affouillements". Zur zweiten Kategorie zählt Demontzey jene Wildbäche, die vorwiegend Verwitterungsprodukte führen, oder die von Gletschern gespeist werden. Die ersteren nennt er „torrents à casse", die Wildbäche der Schutthalden; die letzteren „torrents glaciaires", die Gletscherbäche.

Eine weitere Einteilung ist diejenige von Costa de Bastelica [5]) in einfache Wildbäche, „torrents simples", mit nur einer Schlucht, und in zusammengesetzte Wild-

---

1) Fabre, „Essai sur la théorie des torrents et de rivières". Paris 1797.
2) Alexandre Surell, „Etude sur les torrents des Hautes-Alpes". Paris 1842.
3) Josef Duile, „Ueber Verbauung der Wildbäche in Gebirgsländern". Innsbruck 1826.
4) P. Demontzey, „Traité pratique du reboisement et du gazonnement des montagnes". Paris 1878. In deutscher Uebersetzung von Dr. A. Freiherrn von Seckendorff. Wien 1880.
5) Costa de Bastelica, „Les torrents, leurs lois et leurs effets". Paris 1874.

bäche, „torrents composés", mit zwei oder mehreren Schluchten. Demontzey fügt diesen beiden Arten noch eine dritte, den sogenannten muschelförmigen Ausriß, „la combe", bei.

Gestützt auf die Verhältnisse der österreichischen Monarchie hat Ministerialrat Johann Salzer [1]) die Wildbäche in zwei große Gruppen, und zwar in die Wildbäche des Hochgebirges und in jene der Berg- und Hügelländer — Böhmen, Mähren, Schlesien, Galizien, Bukowina — eingeteilt. Die Wildbäche der ersten Gruppe werden von ihm in vorwiegend unterwühlende und in vorwiegend Verwitterungsprodukte führende geschieden. Zu den letzteren werden ausschließlich die Wildbäche der Kalkalpen gerechnet.

Die Wildbäche des Berg- und Hügellandes mit vorwiegend mäßigem Gefälle haben brüchige Stellen zumeist nur in den höheren Lagen, weisen im Unterlaufe vorherrschend Ufereinbrüche im Diluvium auf und zeichnen sich besonders durch Zufuhr von großen Wassermassen aus. Von den Wildbächen des Hochgebirges sind sie zudem noch in der Regel dadurch unterschieden, daß bei ihnen die Gebiete der Erosion und Alluvion nicht so scharf getrennt sind wie bei diesen.

Noch sei bemerkt, daß Professor A. Freiherr von Seckendorff [2]) die sogenannten Gießbäche von den Wildbächen trennt. Es sind dies seiner Ansicht nach Bäche, die meist über festes Gestein herabstürzen, häufig Wasserfälle bilden und selten außer Wasser- noch Erd- und Schuttmassen mit sich führen. Nach Seckendorff kann ein Gießbach niemals zum Wildbache werden. Die Gießbäche sind übrigens nichts anderes als die sogenannten „ruisseaux" Surell's, der die Gewässer außer in die bereits namhaft gemachten „rivières torrentielles" und „torrents" noch in „rivières", das sind Flüsse und in „ruisseaux", das sind Bäche, unterteilt. Demontzey fügt allen diesen noch die Runse, den Wasserriß, „ravin" hinzu.

Die vorstehend namhaft gemachte, allerdings nicht erschöpfende Einteilung der Wildbäche hat mehr oder minder ihre Berechtigung. Die Einteilungen nach Surell, Bastelica und selbst nach Duile sind von mehr untergeordneter Bedeutung, weil sie den Charakter des Baches nicht genug klarstellen, wenigstens nicht so klarstellen, daß nach ihm auf die allenfalls nötigen oder ratsamen Gegenmaßregeln geschlossen werden könnte.

Es bilden diese Einteilungen überdies nichts Feststehendes und es kann ihre Anwendung häufig auf Schwierigkeiten stoßen.

Einen wesentlich höheren Wert dagegen haben die Unterteilungen nach Demontzey und nach Salzer. Sie geben wenigstens in großen Zügen den Bachcharakter an und lassen auf die entsprechenden Gegenmaßregeln schließen.

Offenbar gebührt Demontzey das Verdienst, daß er der erste war, welcher die eigentliche Tätigkeit des Wildbaches als für die Einteilung maßgebend erachtete. Daß er die sogenannten Gletscherbäche zu den vorwiegend Verwitterungsprodukte führenden Wildbächen zählt, ist nicht ganz gerechtfertigt, da Gletscherbäche sich auch vorwiegend durch Unterwühlung auszeichnen können und daher bei ihnen im allgemeinen das anzuwendende System der Verbauung zweifelhaft erscheint.

Einen großen Vorzug hat die Einteilung nach Salzer, weil sie auch die Wildbäche der Berg- und Hügelländer ins Auge faßt, was um so gerechtfertigter ist, als bei diesen in der Regel das System der Verbauung mehr oder weniger abweichend ist von

---

1) Johann Salzer, „Ueber den Stand der Wildbachverbauungen in Oesterreich". Vortrag, gehalten im österreichischen Forstkongresse. Wien 1886.

2) A. Freiherr von Seckendorff, „Verbauung der Wildbäche, Aufforstung und Berasung der Gebirgsgründe". Wien 1884.

jenen Systemen, die bei der Verbauung der Wildbäche des Hochgebirges in Anwendung zu kommen haben.

Wenn an dieser letzteren Einteilung festgehalten wird, so sollen doch bei den Wildbächen des Hochgebirges die geognostischen Verhältnisse deshalb außer Betracht bleiben, weil sich nicht allein die Wildbäche des Kalk-, sondern auch jene des kristallinischen oder des Schiefergebirges vorwiegend durch Führung von Verwitterungsprodukten auszeichnen können.

Die von Surell und Seckendorff getroffene Einteilung in Gießbäche und Wildbäche, „ruisseaux" und „torrents", hat nur insoferne Berechtigung, als die ersteren aus gewissen Gründen zeitweise den Charakter der letzteren tatsächlich nicht besitzen. Die allgemeine Behauptung aber, daß Gießbäche niemals den Charakter der Wildbäche annehmen können, erscheint zum mindesten sehr gewagt, denn so mancher der heute wütenden Wildbäche war vielleicht vor nicht geraumer Zeit zu den Gießbächen zu zählen.

§ 3. Die Einteilung des Bachverlaufes. Duile (vergl. Anm. 3, S. 294) unterscheidet innerhalb des Niederschlagsgebietes drei Sondergebiete, welche von ihm im weiteren Verlaufe seiner interessanten Schrift als „Sammelbecken", weiters als „Tobel" oder „Klamm" und schließlich als „Ablagerungsgebiet" oder „Ausgußbett" bezeichnet werden. Die Beschreibung lautet: „Man denke sich nur enge, auch bis 12 Stunden lange Täler, eingeschlossen von Höhen, steilen Gebirgen, deren Gipfel vielfältig mit ewigem Eis bedeckt sind, und welche da, wo sich das Tal schließt, das ist im Hintergrunde, öfters Trichter von ungeheurer Ausdehnung bilden und nicht selten an Ferner grenzen; man denke sich weiters diese Gebirge vielfältig verwittert, die Felsmassen, aus denen sie bestehen, noch locker, unzusammenhängend, ihre jäh sich gegen das Tal abdachenden Flächen der sie schützenden Decke vielfältig beraubt, das Gefälle des Tales selbst bis zur Ausmündung äußerst groß: welche Verwüstungen müssen dann wohl in solchen Tälern erfolgen, wenn Schnee und Eis, in den Schluchten jahrelang verborgen liegend, auf einmal schmelzen; wenn bei andauerndem, warmem Regen die große Wassermasse in die schon damit gesättigten steilen Flächen nicht mehr eindringen kann, sondern mit Gewalt sich über dieselben und über Felsen herabstürzt, Schotter, lockere Erde, entwurzelte Bäume, Felsstücke und Steine in das tiefe Tal fortreißt; wenn hier dann das sich sammelnde Wasser — durch des Tales Fallen an Geschwindigkeit immer zunehmend — diese schrecklichen Massen unter fürchterlichem Getöse mit sich fortwälzt, bis es dieselben da, wo das Gefälle sich mindert, das Tal erweitert, daher das Wasser an Kraft abnimmt, liegen läßt."

Vollkommen übereinstimmend mit der Anschauung Duiles ist jene Surells (vergl. Anm. 2, S, 294). Er unterscheidet das Aufnahmsbecken, „bassin der réception", den Abflußkanal, „canal d'écoulement", und das Ablagerungsgebiet, „lit de déjection". Während im Aufnahmsbecken die Wässer vorwiegend unterwühlen, im Ablagerungsgebiete, wie der Name sagt, vorwiegend ablagern, ist nach Surell im mittleren Gebiete, im Abflußkanale, eine wesentliche Tätigkeit der Wildwässer nicht zu konstatieren, das Gebiet also in gewissem Sinne neutral zu nennen. Dieser Abflußkanal wird von Costa de Bastelica (vergl. Anm. 5, S. 294) als „Schlucht", „gorge", von Culmann [1]) als Sammelkanal bezeichnet.

Demontzey (vergl. Anm. 4. S. 294), der für das Ablagerungsgebiet den Ausdruck „cône de déjection", Schuttkegel, gebraucht, akzeptiert die Bezeichnung „gorge",

1) Culmann, „Bericht an den schweizerischen Bundesrat über die Untersuchung der schweizerischen Wildbäche, vorgenommen in den Jahren 1858, 1859, 1860 und 1863". Zürich 1864.

Schlucht, nach Bastelica, welch letztere seiner Ansicht nach wenigstens rudimentär bei jedem Wildbach vorkommt. Dagegen ist er mit der Surellschen Charakterisierung des Abflußkanales insoferne nicht einverstanden, als sich seiner Erfahrung nach, die man übrigens nicht selten selbst machen kann, die Ablagerung durch einen Teil oder selbst durch die ganze Schlucht hindurch vollziehen kann.

Dr. Paul Lehmann [1], der die Bezeichnungen „Schuttkegel", „Sammelgebiet" und „Sammelkanal" gebraucht, scheint innerhalb der beiden letzteren Gebiete die Neigung des Wassers zur Sohlenvertiefung, Kolkung, zu erkennen; die diesbezügliche Stelle lautet:

„Noch mannigfacher als bei den Schuttkegeln sind die Erscheinungen im Sammelgebiete und im Sammelkanale der Wildbäche; doch treten uns überall, am Gletscherbache, wie an der öden Rüfe, die nur bei Regenwetter „geht", ein starkes Gefälle, steile Ufer und infolgedessen die Neigung des Wassers zur Sohlenvertiefung, Kolkung, als bezeichnende Merkmale entgegen".

Edmund Graf [2]) akzeptiert die Duilesche Einteilung, während Martin Kowatsch [3]) den Wildbach in drei Zonen scheidet und zwar:

1. Zone des absoluten Abtrages, den obersten Teil des Wildbaches umfassend.
2. Zone des absoluten Auftrages im untersten und
3. Zone der Nullarbeit im mittleren Laufe des Wildbaches.

Offenbar ist diese Einteilung in Uebereinstimmung mit jener von Surell.

Kowatsch bemerkt überdies, daß die 3. Zone, also jene der Nullarbeit, dann als die für die Verbauung tauglichste angesehen werden müsse, wenn das Uebel nicht am Ursprung behoben werden kann.

Während G. R. Förster [4]) nur oberflächlich vom Schuttkegel, Sammel- oder Einzugs- und vom Durchflußgebiete spricht, äußert sich Elias Landolt [5]) in eingehender Weise hinsichtlich des Bachverlaufes und unterscheidet an den größeren Bächen des Hochgebirges in der Regel vier wesentlich von einander abweichende Teile, und zwar:

1. Das Sammel- oder Einzugsgebiet, gewöhnlich von einer großen Zahl von Zweigen des Hauptbaches durchschnitten. Es fällt im Hochgebirge auf die als Weide benutzte obere Terrasse, beziehungsweise in die unwirtlichen Gegenden (Felspartien, Gletscher und Schneefelder), in den Vorbergen in die obere Waldregion. Die einzelnen Zweige der Bäche sind, wenn nicht von Quellen, Gletschern, Schneefeldern gespeist, in der Regel wasserarm, oft sogar trocken, füllen sich aber bei Schneeschmelze, Gewittern usw. rasch und führen dann den Runsen und Schluchten im Erosionsgebiete große Wassermassen und Geschiebemengen zu. In der Regel liegen die sich oben oder in der Schlucht zu einem Bach vereinigenden Gräben in einer weiten Mulde.

2. Das Erosions- oder Auswaschungsgebiet, in dem der Hauptbach nicht selten auch noch Seitenbäche aufnimmt. Es befindet sich zum größten Teile in der Waldregion, weil die steilsten Partien der Hänge dieser angehören. Hier fließt das Wasser durch enge, tief eingeschnittene Runsen, deren Einhänge häufig „verrutscht" und unproduktiv sind, und nimmt den größten Teil des Materiales auf, welches bis ins Tal befördert wird und dort den Schuttkegel bildet.

---

1) Dr. Paul Lehmann, „Die Wildbäche der Alpen". Breslau 1879.

2) Edmund Graf, „Waldverwüstung und Murbrüche". Wien 1879.

3) Martin Kowatsch, „Das obere Fellagebiet im Kanaltale in Kärnten und die dortigen Wasserbauten".

4) G. R. Förster, „Das forstliche Transportwesen". Wien 1885.

5) Elias Landolt, „Die Bäche, Schneelawinen und Steinschläge und die Mittel zur Verminderung der Schädigung durch dieselben". Zürich 1887.

3. Den Schuttkegel, das Gebiet der Ablagerung, in dem das Bachbett häufig höher liegt als das angrenzende Kulturland.

4. Die Bachstrecke im Tale, die je nach den Gefällsverhältnissen sehr verschieden gestaltet ist, oft auch ganz fehlt und nicht selten zur Versumpfung Veranlassung geben kann.

Eine ähnliche Einteilung in 4 Teile trifft auch Thiéry [1]), doch scheidet er das eigentliche Aufnahmsgebiet, ähnlich wie dies Scipion Gras [2]) tat, nach vier charakteristischen Typen. Der ersten Type gehören jene Gebiete an, die von steilen, vielfach durchfurchten, oft viele hundert Meter hohen Felsen umrahmt sind. Die Möglichkeit des raschen Sammelns der Gewässer, wie nicht minder der sich stetig fortsetzende, den Tälern Material in großen Mengen liefernde Verwitterungsprozeß, lassen derartige Wildbäche gefährlich erscheinen.

Die Aufnahmsgebiete der zweiten Type liegen in leicht verwitterbarem Boden, zeigen immer die Form eines durch einen Hals geschlossenen Trichters und haben, wenn kahl, stets das Bestreben, sich durch Einsturz der Wandungen zu vergrößern. Die Aufnahmsgebiete der dritten Type vereinigen die Charaktere der beiden vorhergehenden. Sie bestehen aus nackten Felsen, an deren Fuß die Wässer in leicht verwitterbarem Gesteine eine Vertiefung, ähnlich dem Trichter der vorhergehenden Type, ausgehöhlt haben. Auch Wildbäche dieser Type werden als sehr gefährlich bezeichnet. Die Wildbäche der vierten Type zeigen ein hochgelegenes, im allgemeinen von einem Gebirgspaß ausgehendes Tal, in welches sekundäre Wildwässer münden. Jedes der letzteren hat ein verschiedenes, einer der vorhergehenden Typen angehöriges Aufnahmsgebiet; alle sind untereinander durch einen gemeinsamen Schlauch verbunden.

Wie zu entnehmen, ist die Frage der Einteilung des Wildbachverlaufes zwar schon vielfach erörtert worden — des Raumes wegen muß manch andere Einteilung übergangen werden — doch bieten alle diese Einteilungen nichts Feststehendes, da die obwaltenden Verhältnisse nicht nur teilweise, sondern auch gänzlich abändernd zu wirken imstande sind. Im allgemeinen kann behauptet werden, daß die Verhältnisse der Talbildung in der Kalkalpenwelt wesentlich verworrener sind, als jene in der Urgebirgswelt, so z. B. innerhalb der Kette der Zentralalpen. Diese Verworrenheit der Talbildung, welche in den höheren Gegenden in völlige Unbestimmtheit ausartet, ist für sich ein charakteristischer Zug der Kalkalpenwelt.

Nichtsdestoweniger lassen sich unter allen Umständen, wenigstens bei den Wildbächen des Hochgebirges, zwei scharf getrennte Gebiete unterscheiden und zwar:

1. Das Gebiet der Materialbeschaffung, „Denudation", zumeist das ganze Niederschlagsgebiet umfassend, und

2. das Gebiet der Materialablagerung, „Akkumulation", der Schuttkegel.

Bei den Bächen des Mittelgebirges sind beide Gebiete nicht so scharf getrennt und bei jenen der Niederung vielleicht gar nicht zu unterscheiden.

Eine ähnliche Einteilung hat auch Schindler [3]) getroffen, der das erstere Gebiet als jenes der „Erosion" bezeichnet, was jedoch nicht immer zutreffend ist, da sich dort mitunter auch andere Prozesse materialschaffend erweisen können.

---

1) E. Thiéry, „Restauration des montagnes, correction des torrents, reboisement". Paris 1891.

2) Scipion Gras, „Etudes sur les torrents des Hautes-Alpes". Annales des ponts et chaussées. Paris 1857.

3) A. Schindler, „Die Wildbach- und Flußverbauung nach den Gesetzen der Natur". Zürich 1889.

§ 4. Das Herkommen des Geschiebes. Von ganz besonderer Bedeutung erscheint die den Wildbächen zukommende Eigenschaft der starken und unregelmäßigen Geschiebeführung, bei deren Beurteilung das Augenmerk in erster Linie dem Herkommen der Geschiebemassen zugewendet werden muß.

Im großen und ganzen ist das in den Rinnsalen der Wildbäche angehäufte und von diesen geführte Geschiebe als das Resultat, sei es der Verwitterung, sei es der Erosion oder auch der Unterwühlung, beziehungsweise Durchfeuchtung lockerer, hangender Schichten anzusehen.

Die Verwitterung liefert den Wildbächen bedeutende Geröllmassen. Ihr Fortschritt hängt nicht allein von der geognostischen Beschaffenheit des Grundgesteines, sondern auch von dem Klima, der Höhenlage, der Exposition und insbesondere von der Beschaffenheit der Bodendecke ab.

Was die geognostische Beschaffenheit des Grundgesteines anbelangt, so leisten die kristallinischen Massengesteine, insbesondere der Granit, dem Verwitterungsprozesse im allgemeinen großen Widerstand. Ihnen zunächst die kristallinischen Schiefer und unter diesen namentlich der Gneis. Verhältnismäßig geringen Widerstand setzen der Verwitterung die Sedimente, so der Tonschiefer und die sandsteinartigen Gesteine, in den einer Vegetationsdecke entbehrenden Hochlagen auch die Kalke entgegen.

Die allgemeinen klimatischen Verhältnisse können selbstverständlich nicht ohne Einfluß auf das Fortschreiten des Verwitterungsprozesses bleiben. Oertlichkeiten mit häufigen und reichlichen Niederschlägen, Winden, Gewittern, Hagel und insbesondere mit raschem Temperaturwechsel über und unter dem Eispunkte und daher sehr vermehrter Wirkung des in die Gesteinsritzen dringenden und dort frierenden Wassers, müssen als dem Fortschritte des Verwitterungsprozesses günstig bezeichnet werden.

Zum großen Teile hängt jedoch die Einwirkung der klimatischen Verhältnisse von der Höhenlage und der Exposition ab.

Hinsichtlich der Höhenlage erscheint erwiesen, daß die Region unmittelbar unter der Schneegrenze die größte Zertrümmerung erleidet. Hier mangelt es zumeist an der schützenden Bekleidung des Bodens mit Vegetation oder mit Schnee und hier ist der häufigste Wechsel der Temperatur ober und unter dem Nullpunkte zu konstatieren. Das ist aber auch jene Region, in welcher in der Regel das eigentliche Sammelgebiet der Wildbäche gelegen ist.

Was die Exposition anbelangt, so sind Südabhänge der Verwitterung mehr ausgesetzt als die nördlichen. Der Grund hiefür ist namentlich darin zu suchen, daß die Schneedecke schon im zeitlichen Frühjahre durch die mehr senkrecht auffallenden Sonnenstrahlen und den direkten Anprall des Südwindes entfernt und die Einwirkung der schädlichen Nachtfröste begünstigt wird. Auch ist zu berücksichtigen, daß die südlichen Hänge in der Regel in größerer Ausdehnung und oft bis in die höchsten Lagen der Agrikultur gewidmet sind, was bei allzu intensiver Ausnützung des Bodens häufig eine Verschlechterung der Standorte und ein Herabdrücken der Vegetationsgrenze mit sich bringt.

Einen wesentlichen Einfluß auf die Art, den Grad und Fortschritt der Verwitterung übt die Beschaffenheit der Bodenoberfläche aus. Der natürlichen Kleidung beraubt, ist der Boden in erhöhtem Maße und schutzlos der zerstörenden Einwirkung der Atmosphärilien, der Einwirkung der Sonnenstrahlen preisgegeben, der Temperaturwechsel wird fühlbarer und der Frost vermag die Verwitterung wesentlich zu fördern.

Hieraus geht hervor, welch hochwichtige Aufgabe der Vegetationsdecke im Wildbachgebiete hinsichtlich der Hintanhaltung der Geschiebebildung und hinsichtlich der Regelung der Geschiebeabfuhr zufällt, und wie sehr es nötig ist, die Besserung der kulturellen Verhältnisse im Niederschlagsgebiete ins Auge zu fassen.

Es würde zu weit führen, wollte man an dieser Stelle die hydrologische Bedeutung der Pflanzendecke und insbesondere jene des Waldes zu erörtern versuchen. Es muß genügen, diesbezüglich auf das eingangs bezogene Werk des Verfassers „Grundriß der Wildbachverbauung" zu verweisen. In ganz ausgezeichneter und sehr wissenschaftlich gehaltener Art hat diesen Gegenstand jüngst Ney [1] behandelt. In beiden bezogenen Arbeiten sind vielfach gleiche Anschauungen vertreten.

Die Verwitterungsprodukte können auf verschiedene Weise in die Rinnsale der Bäche gelangen. Einerseits werden sie durch das von den Hängen herabfließende und den Rinnsalen zueilende Wasser, sowie auch durch Lawinen und Gletscher talwärts befördert, andererseits gelangen sie durch Steinschlag oder auch durch Bergstürze in den eigentlichen Bereich des Wildwassers.

Ganz wesentlichen Anteil an der Beförderung der Verwitterungsprodukte bis zu jenem Orte, wo dieselben der transportierenden Tätigkeit des Wassers unterworfen sind, haben wohl die Gletscher und die Bergstürze. Leider sind es gerade sie, mit denen im Naturhaushalte gerechnet werden muß, ohne ihrer Tätigkeit sehr wirksam entgegentreten zu können.

Auf die Tätigkeit der Gletscher ist das reiche Vorkommen des Glacialschuttes in den Alpen zurückzuführen, eines Gebildes, welches ein außerordentlich günstiges Feld für die erodierende Tätigkeit des Wassers bildet und auf dessen Bindung nicht genug geachtet werden kann. Die Bergstürze schaffen außerordentlich große Materialmassen in die Schluchten und Täler und begründen hiemit auch eine wesentliche Gefahr für das Unterland. Der Einfluß der Lawinenstürze und der Steinschläge auf die Geschiebeführung ist in der Regel von geringerer Bedeutung, denn die Masse des auf solche Weise in das Rinnsal gelangten Materiales ist in der Regel im Verhältnisse zur tatsächlichen Geschiebeführung des Wildbaches doch nur eine relativ geringe.

Ueberraschender in ihren Wirkungen gegenüber der Verwitterung ist die Erosion. Sie äußert sich in den Wildbächen nicht allein in der Vertiefung der Rinnsale und den hiemit häufig verbundenen Lehnenfußunterwaschungen und ihren Folgen, sondern nicht selten auch in der Zerwühlung der Hänge, in der Schaffung von Runsen und neuen, wenn so gesagt werden kann, zur Existenz nicht berechtigten Rinnsalen. Naturgemäß wird die Erosion unter sonst gleichen Verhältnissen, also unter gleichen geognostischen, gleichen Gefälls- und Verwitterungsverhältnissen umsomehr zur Geltung kommen müssen, je rascher der Wasserabfluß ist, und es wird deshalb und weil die Vegetationsdecke der erodierenden Kraft des Wassers mechanischen Widerstand entgegensetzt, die Erosion in einem kahlen Sammelgebiete mehr zur Geltung kommen, als in einem mit Vegetation hinreichend bedeckten und geschützten Gebiete. Daraus erhellt wieder deutlich die Aufgabe der Kultur im Niederschlagsgebiete, gleichzeitig aber auch die Notwendigkeit der Durchführung solcher Maßnahmen, die geeignet sind, dem schon entstandenen Uebel Einhalt zu tun und die vorhandenen Wunden zur Heilung zu bringen.

In ihrer Wirkung gleichfalls außerordentlich unregelmäßig und zumeist schadenbringend ist die Unterwühlung hangender Bodenschichten. Diese Erscheinung, die

---

1) Karl Eduard Ney, „Die Gesetze der Wasserbewegung im Gebirge". Neudamm 1911.

bekanntlich auf die Tätigkeit der Sicker- und Quellwässer zurückgeführt werden muß, tritt unter sonst gleichen Verhältnissen in der Regel um so rascher und in um so größerem Umfange ein, je zusammenhangloser, je nackter und verwitterter der Boden ist. Ganz gewaltig sind oft die Materialmassen, die auf solche Weise in die Rinnsale gelangen, und von großer Wichtigkeit ist es deshalb, diese Erscheinung in den Wildbächen genauestens zu beobachten.

§ 5. Die Ursachen der Wildbachverheerungen: Als Ursachen der Wildbachverheerungen sind anzusehen:

1. Außerordentliche meteorische Niederschläge, wie sie periodisch wiederkehren. Im Falle reichlicher fester Niederschläge im Winter oder im zeitigen Frühjahre ist es die rasche Schneeschmelze, welche die Führung großer Wassermassen mit sich bringt. In Wildbächen sind es besonders die wolkenbruchartigen Regengüsse, namentlich aber unter gewissen geotektonischen Verhältnissen, bei Vorhandensein nackter, aus Schutt und leicht erodierbaren Gesteinsmassen zusammengesetzter Gehänge die Hagelwetter, welche zur Entfesselung der Gewässer beitragen.

2. Die mangelhafte Wasserpolizei und im Zusammenhange damit der trostlose, vernachlässigte Zustand der Gerinne. Hier ist zu erwähnen: das Vorhandensein nicht widerstandsfähiger neuer, an und für sich nicht entsprechender Einbauten, insbesondere Wehren, die oft ungenügenden Profile, die nicht hochwasserfreien Brücken, die Ablagerung von Holz und dergl. in den Inundationsgebieten, die Belassung von hochstämmigem Holze innerhalb derselben und besonders an den Ufern der Gewässer sowie an den Rändern der Bruchflächen, die Benützung der Rinnsale als Wege, die Unterlassung der Reinigung der Gerinne von Wildholz, die oft irrationelle Ausübung der Trift und Flößerei, dann im Falle der Auflassung des Holztransportes zu Wasser die nicht genügende Instandhaltung von Klausen, Rechen und Uferschutzbauten, welche früher dem Transporte dienten, u. a. m.

3. Vielfach fehlende oder unzureichende Flußregulierungen, insbesondere aber Wildbachverbauungen, und alle jene Umstände legislativer, finanzieller, administrativer und wohl auch mitunter partikularistischer Natur, welche der energischen und ausreichenden Durchführung dieser im höchsten Interesse der Landeskultur gelegenen Maßnahmen im Wege stehen.

4. Die gewiß auch noch unzureichende Forstgesetzgebung und ungenügende staatliche Forstaufsicht. Trotz des unverkennbaren Fortschrittes bleibt in dieser Richtung noch vieles zu tun. Die Güterschlächterei und das vielfach offenbar nur auf schrankenlose Ausbeutung des Waldes gerichtete Bestreben nach Errichtung von holzverzehrenden Betriebsstätten, sind als weitere Ursachen zu nennen; die die ordnungsmäßige Wirtschaft behindernde Streu- und Weideservituten, die nicht selten praktizierten Waldteilungen im Gebirge können nicht unerwähnt bleiben.

5. Die zumeist mangelhafte Bewirtschaftung der Alpen und Gebirgsweideflächen. Die Folge dieser mangelhaften Bewirtschaftung ist zunächst das Bedürfnis nach Ausdehnung des Weideterrains, und diesem Bedürfnisse ist es wieder zuzuschreiben, daß so manche, vermöge ihrer konkreten Bodenbeschaffenheit dem Waldlande angehörige und als solche im Hinblick auf möglichste Retention zu erhaltende Fläche der Waldkultur entzogen, selbst aber nach und nach infolge der mangelhaften landwirtschaftlichen Benützung der Verödung zugeführt wird.

Dieser mangelhaften, für das Regime der Wildwässer sehr bedeutungsvollen Bewirtschaftung liegt wieder vielfach der Mangel an Alpenbewirtschaftungsgesetzen, an nicht genügender Würdigung der Hebung des Futterbaues auf den Alpen zugrunde.

6. Ist der Entwässerung des Waldlandes und der Gebirgsmoore und Filze zu gedenken.

§ 6. Die Systeme der Wildbachverbauung. Den Wildbächen des Hochgebirges ist im Gegensatze zu jenen der Berg- und Hügelländer, und an dieser Einteilung soll bei den folgenden Ausführungen festgehalten werden, zumeist eine ganz besondere, häufig mit den Wassermassen in gar keinem Verhältnisse stehende Materialführung eigen. Man begegnet hier einer Erscheinung, dem Murgange, die als eine Eigenheit des Hochgebirgswildbaches angesehen werden kann und die bei den Bächen des Berg- und Hügellandes wenigstens nicht in so bestimmter Weise zum Ausdrucke kommt.

Je nach dem Herkommen der Geschiebemassen hat man im Hochgebirge Wildbäche zu unterscheiden, welche vorherrschend Verwitterungsprodukte führen und solche, welche das Geschiebe vorwiegend durch ihre erodierende oder unterwühlende Tätigkeit in Bewegung setzen.

Wenn, wie hervorgehoben, bei derlei Bächen die Geschiebeführung vorherrscht, so ist in der Regel bei den Wildbächen der Berg- und Hügelländer die Wasserführung überwiegend; doch kann auch hier die Materialführung als Folge von Uferbrüchen und wegen des beständigen, unregelmäßigen Wühlens in alten Schotterdeponien, mitunter eine ganz bedeutende, sowie in Anbetracht des sich meist auf wertvolle Kulturgründe ausdehnenden Inundationsgebietes, auch eine sehr schädliche werden.

Die vorwiegend Verwitterungsprodukte führenden Wildbäche des Hochgebirges, zu welchen in erster Linie die des Kalkgebirges zu zählen sind, bieten der Verbauung im allgemeinen keine günstigen Operationsgebiete. Wie aus dem Vorhergehenden erhellt, muß es sich naturgemäß in solchen Fällen um die tunlichste Bekämpfung der Verwitterungserscheinung durch Schaffung womöglich besserer kultureller Verhältnisse im Niederschlagsgebiete handeln. Wenn schon die Durchführung der diesfalls nötigen Maßnahmen innerhalb des Vegetationsbereiches oft, und zwar deshalb mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, weil man nur allzuhäufig dem Widerstande seitens der Bevölkerung begegnet, so ist leider mit der Vegetationsgrenze der diesfälligen Tätigkeit überhaupt eine Schranke gesetzt.

Unter allen Umständen ist in solchen Fällen das Hauptaugenmerk auf die Erhaltung oder Schaffung eines Waldgürtels an der Waldvegetationsgrenze zu legen, weil nur auf diese Weise eine größere Gewähr für die Zurückhaltung des Geschiebes über diese Grenze nach aufwärts geboten erscheint. Selbstverständlich ist auch der Bewirtschaftung der ober der Waldgrenze gelegenen Alpsgründe besondere Sorgfalt zuzuwenden und überhaupt zu trachten, der Vegetation soweit als möglich in den höchsten Lagen Eingang zu verschaffen.

Die Besserung der Alpenwirtschaft ist eine auch wasserwirtschaftlich außerordentlich wichtige Maßnahme, denn sie zielt in erster Linie auf die Verhinderung der Bodendeteriorierung hin, die auch dem Regime der Hochwässer zugute kommt.

Andere und namentlich bauliche, in solchen Wildbächen auszuführende Arbeiten können in der Regel nur als Palliativmittel angesehen werden. Sie sind wohl geeignet, die Gefahr momentan oder für längere Zeit zu bannen, nicht aber auch, sie vollkommen zu beheben. Zu diesen Maßnahmen gehört die Herstellung größerer Talsperren als Materialstauwerke, welche den Zweck haben, die Geschiebeführung durch eine gewisse Zeit hindurch auf ein vielleicht unschädliches Maß einzuschränken. Unter Umständen kann so Zeit gewonnen werden, die wirtschaftlichen Verhältnisse im Niederschlagsgebiete in zufriedenstellender Weise zu bessern. Weiters sind als im Innern solcher Gewässer eventuell noch durchzuführende Maßnahmen

die Vorkehrungen gegen den Steinschlag und gegen den Abgang von Lawinen erwähnenswert.

Der leidigen Tatsache, daß derartige Wildbäche der Verbauung kein besonders günstiges Operationsgebiet liefern, kann immerhin der Umstand entgegengehalten werden, daß sie, weil in ihrer Tätigkeit und schädlichen Wirkung eine gewisse Regelmäßigkeit zeigend, auch nicht zu den besonders gefürchteten Wildwässern gezählt werden können. In den meisten Fällen nehmen die von ihnen herabgeführten Verwitterungsprodukte am Talausgang für sich ein gewisses Gebiet in Anspruch, welches die Bewohner der Umgebung im Hinblick auf die vorhandene, nahezu unabweisliche Gefahr in der Regel auch nicht nutzbar zu machen bestrebt sind. In nicht seltenen Fällen wird es deshalb bei solchen Bächen auch angezeigt sein, auf den Schuttfeldern förmliche Materialablagerungsplätze zum sicheren Schutze des umliegenden Kulturlandes zu schaffen, oder die Bildung solcher Materialdeponien auch schon im Talinnern an geeigneten Stellen durch entsprechende Vorkehrungen zu begünstigen.

Selbstverständlich schließt es das bisher geschilderte Verfahren nicht aus, daß die in solchen Wildbächen in größerem oder geringerem Maße durch andere Erscheinungen, z. B. durch Erosion und Unterwühlung verursachte Geschiebeführung auch auf andere, diesen Erscheinungen entgegenwirkende, entsprechende Weise bekämpft werden muß.

Ein bei weitem reichhaltigeres und dankbareres Feld für die Verbauungstätigkeit liefern die vorherrschend erodierenden und unterwühlenden Wildbäche. Hier bieten sich dem Fachmanne die mannigfachsten Aufgaben dar, deren richtige Lösung nur an der Hand reichlicher praktischer Erfahrung gelingen kann. Als die hauptsächlichsten Aufgaben sind die Verhinderung der weiteren Sohlenerosion, dann häufig im Zusammenhang hiemit die Sicherung der anbrüchigen Lehnenfüße, die unschädliche Ableitung der Quell- und Sickerwässer, die eventuelle Zurückhaltung der bereits angehäuften Erosions-, Unterwühlungs- oder teilweise auch Verwitterungsprodukte, die Konsolidierung der der Erosion und der Unterwühlung unterworfenen Hänge der Niederschlagsgebiete und endlich die Besserung der kulturellen und wirtschaftlichen Verhältnisse innerhalb der letzteren anzusehen.

Die Sohlenerosion ist das Resultat zweier, sich nicht im richtigen Verhältnisse gegenüberstehender Faktoren, das ist der Gewalt des abfließenden Wassers einerseits und der Widerstandskraft der Bachsohle andererseits. Die Mittel, die beiden genannten Faktoren in das richtige Gleichgewicht zu setzen, müßten also in der Verminderung der Wasserkraft, beziehungsweise in der Festigung der Bachsohle bestehen.

In ersterer Hinsicht kommen mehrere Momente in Betracht. Die Kraft des abfließenden Wassers ist in einem gegebenen Querprofile bei gleicher Wassermenge, bei gleichem Grade der Sättigung mit Geschiebe, von der Neigung des Wasserspiegels beziehungsweise von der Sohlenneigung abhängig. Einer gewissen Wassermenge und Geschiebeart, einem gewissen Sättigungsgrade und einem gewissen Querprofile entspricht bei gegebener Sohlenbeschaffenheit ein Sohlengefälle, welches mit der Wasserkraft im Gleichgewicht stehend, den Bestand der Sohle sichert. Es muß deshalb zunächst Sache der Verbauung sein, in einer der Erosion unterworfenen Bachsohle dieses, den konkreten Verhältnissen entsprechende, sogenannte „Ausgleichsgefälle“ durch Einbau von Querwerken, Talsperren oder Grundschwellen zu schaffen,

oder, wenn dies nicht tunlich wäre, in anderer Weise auf die Erhöhung des Sohlenwiderstandes hinzuwirken. (Abb. 1.)

Es darf aber hiebei nicht außeracht gelassen werden, daß mit der fortschreitenden Verbauung im Talinnern die auf Bildung des Ausgleichsgefälles Einfluß nehmenden Faktoren andere werden können. Insbesondere wird durch die Verminderung

Abbildung 1.

Sohlenstaffelung mittelst Querwerken. Im Hintergrunde Sicherung einer Bruchfläche.

der Geschiebeführung bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen die Geschwindigkeit des abfließenden Wassers eine beträchtlichere und das Ausgleichsgefälle deshalb ein geringeres, denn das seiner Größe und Beschaffenheit nach als gleichbleibend angenommene Geschiebe vermag sich bei dieser erhöhten Geschwindigkeit auf einer gleich steil geneigten Sohle nicht mehr zu halten. Die so mit der fortschreitenden

Verbauung verbundene stete Abnahme des Ausgleichsgefälles läßt es behufs Verhinderung der Gefährdung schon bestehender Objekte nötig erscheinen, durch Einschaltung weiterer, sogenannter sekundärer Werke ein der jeweiligen Wassertätigkeit entsprechendes, geringeres Gefälle zu schaffen. So kann endlich ein den konkreten Verhältnissen entsprechender und ein gewisses Gleichgewicht gewährleistender Zustand

Abbildung 2.

Ausschalung eines Bachgerinnes.

geschaffen werden, bei dessen Eintritt das Ausgleichsgefälle die möglichst unterste Grenze erreicht und sich zum sogenannten „Gleichgewichtsgefälle" entwickelt hat.

Aus dieser wohl nur ganz allgemein gehaltenen Auseinandersetzung, auf deren theoretische Begründung hier nicht eingegangen werden kann, ist doch zu entnehmen, daß einer derartigen Verbauung nicht nur eine ausgedehnte Beobachtung der Bach-

verhältnisse vorausgehen muß, sondern daß auch nach Vollzug derselben ihre stete Ergänzung nötig wird. Die diesbezügliche theoretische Begründung findet sich in den in den Anmerkungen 1, S. 298 und 1) dieser Seite angeführten Abhandlungen [1]).

Die Geschwindigkeit des Wassers kann auch durch Verbreiterung der Querprofile oder durch Schaffung längerer und somit auch weniger steil geneigter Bachläufe, durch Erhöhung der Rauhigkeiten vermindert werden. Es soll sonach Grundsatz rationeller Verbauung sein, womöglich jede Konzentration der Wässer, jedwede glatte Ausgestaltung der Gerinne zu vermeiden.

Anders ist es, wenn die Sohlenerosion durch direkte Hebung der Sohlenwiderstandskraft bekämpft werden soll. In solchen Fällen handelt es sich um die teilweise oder vollkommene Sohlenfixierung durch Pflasterung oder auf ähnliche Weise. Diese Verbauungsart, die in ihrer vollkommensten Ausführung zur Herstellung der Steinschalen oder Steinkunetten führt (Abb. 2) und zu der Sohlenstaffelung mittels Querwerken in einem gewissen Gegensatze steht, kann sich insbesondere dort empfehlen, wo infolge des bestehenden größeren Gefälles die Entwickelung des wünschenswerten Ausgleichs- beziehungsweise Gleichgewichtsgefälles nur durch Einbau einer unverhältnismäßig großen Zahl von Querwerken möglich wäre. Das ist namentlich in den engen und sehr steil verlaufenden Runsen, Wasserrissen, der oberen Einzugsgebiete der Wildbäche der Fall. Obwohl diese Methode den offenbaren Vorteil für sich hat, daß dem Wasser keine Gelegenheit zum „Kolken“ geboten wird, soll sie doch unter allen Umständen nur dort zur Anwendung kommen, wo die mit ihr verbundene rasche Wasserabfuhr und Begünstigung des Materialtransportes den Effekt der ganzen Verbauung nicht nachteilig beeinflussen oder einzelnen Verbauungspartien zum Schaden gereichen könnte und wo durch Steinschlag oder Terrainbewegung oder auch auf andere Weise der Bestand des Objektes, der Schale, nicht zu sehr in Frage gestellt wäre.

Die seitliche Erosion, die Unterwaschung der Lehnenfüße, als Folge von Verwerfungen, oder als Folge des Wasseranpralles an stark konkav gekrümmte Ufer kann durch Uferversicherungen entsprechend behoben und für die Zukunft durch Schaffung möglichst geregelter Abflußverhältnisse verhindert werden.

Ein besonderer Anteil an der Materialbeschaffung in den Wildbächen ist der unterwühlenden Wasserwirkung zuzuschreiben.

Im allgemeinen hat man es mit zwei Bodenschichten, mit einer oberflächlich lagernden, mehr oder minder wasserdurchlässigen, der sogenannten „hangenden“, und einer darunter befindlichen, mehr oder minder wasserundurchlässigen, der sogenannten „liegenden“ Schichte zu tun. Letztere kann aus einem festen Grundgestein, beispielsweise Schiefer, oder auch aus einem mehr weichen, tonigen Gebilde bestehen. Es ist klar, daß bei geneigtem Terrain der Zusammenhalt der hangenden und liegenden Bodenschichten von gewissen Bedingungen abhängig ist.

Das Lostrennen der oberen Schichten von der unteren ist selbstverständlich schon bei einem gewissen Schichten-Neigungswinkel und unter einem bestimmten Kohäsionsverhältnisse möglich, auch kann durch die Wirkung der oberflächlich abfließenden Meteorwässer, also infolge von Erosion, oder selbst durch Hagel eine Bodenabschwemmung verursacht oder gefördert werden. In ganz besonderem Maße ist aber in den meisten Fällen das oberflächlich einsickernde Wasser bei Entstehung von Terrainabsitzungen tätig. Es durchtränkt nicht nur die obere Bodenschichte, vermindert zumeist die Kohäsion, vermehrt ihr Volumen und ihr Gewicht, sondern

1) Ferdinand Wang, „Die Gesetze der Bewegung des Wassers und des Geschiebes, die Berechnung der Wasserabflußmengen und der Durchflußprofile“. Wien 1899.

es beseitigt auch, auf der Trennungsfläche abwärts gleitend, gänzlich oder doch zum Teile die Reibungswiderstände und führt schließlich zur Absitzung der durchtränkten und unterwühlten hangenden Bodenschichte. Bei weicheren liegenden Schichten kann das eindringende Wasser selbst bei sehr geringem Schichten-Neigungswinkel schon dann Absitzungen veranlassen, wenn es entweder, durch ein Hindernis gehemmt, auf der Trennungsfläche zu stagnieren und die liegende Schichte selbst zu durchweichen beginnt, oder aber wenn es durch Risse in dieselben einzudringen und so von innen aus ihre Durchfeuchtung zu vollführen vermag. Unter allen Umständen ist es nötig, solch schädliche, bereits eingesickerte Wässer abzuleiten und auch, wo tunlich, in Hinkunft ihr Eindringen möglichst zu verhindern. In ersterer Richtung wird man durch ausreichende Entwässerungsanlagen, in letzterer Richtung durch tunlichste Ermöglichung und Erleichterung des oberirdischen, schadlosen Abflusses der Meteorwässer das angestrebte Ziel erreichen.

Es möge noch bemerkt werden, daß bei schon unterwaschenen und mit Holz bestockten Böden die Bewegungstendenz durch die Schwere der oberirdischen, allenfalls auch noch flach bewurzelten Holzmasse, insbesondere im Vereine mit starken Luftströmungen gefördert werden kann. Das ist aber keineswegs ein Argument für eine ungünstige Wirkung der Bewaldung; in einem solchen Falle handelt es sich lediglich um die richtige Wahl der Bestandesform, also um die Anzucht bodenbindender, im Niederwalde zu bewirtschaftender Holzarten.

Bei Verbauung der in Rede stehenden Art der Wildbäche ist es selbstverständlich nicht ausgeschlossen, daß es außerordentlich erwünscht oder notwendig sein kann, das bereits in den Rinnsalen des Niederschlagsgebietes angehäufte Erosions- oder Unterwühlungs-, eventuell auch teilweise Verwitterungsprodukt im Innern des Wildbachgebietes festzuhalten. Man hat dann in der Regel, ähnlich wie bei den vorwiegend Verwitterungsprodukte führenden Wildbächen, durch die Herstellung von Talsperren an geeigneten Stellen Materialdeponien zu schaffen, dabei aber insbesondere im Auge zu behalten, daß es an gewissen Oertlichkeiten möglich sein kann, einer Talsperre gleichzeitig die Wirkung eines Material-Stau- und eines Konsolidierungswerkes zu geben.

Weitere wichtige Aufgaben bei Verbauung erodierender oder unterwühlender Wildbäche sind die endgültige Konsolidierung der anbrüchigen Hänge durch Schaffung der Vegetationsdecke auf denselben, sowie die Besserung der kulturellen und der wirtschaftlichen Verhältnisse im Niederschlagsgebiete. Diese Aufgaben dürfen nicht aus dem Auge gelassen werden, denn von ihrer zielbewußten und gelungenen Ausführung hängt vielfach der volle Effekt der Verbauung des Wildbaches ab.

Die Wildbäche der Berg- und Hügelländer, in ihrem Charakter von jenen der Alpen verschieden, erfordern auch im allgemeinen die Anwendung eines anderen Verbauungssystemes. Bei vorherrschend geringem Gefälle in den tieferen Partien und in der Regel einem bloß auf die höchsten Lagen beschränkten starken Gefälle, führen diese Bäche größere Wassermassen und das aus dem Niederschlagsgebiete herabkommende Material den Talflüssen zu. Brüchige Stellen, „Lehnenbrüche", finden sich zumeist nur in den oberen Teilen der Niederschlagsgebiete; in den tieferen Lagen, in welchen der Bach häufig schon beiderseits von älteren oder jüngeren Anschwemmungen eingerahmt ist, sind es die stetigen Uferbrüche, welche die Materialbewegung verursachen. Das Augenmerk bei Verbauung solcher Bäche ist, was den Oberlauf anbelangt, meist der Konsolidierung vorkommender Brüche, der Zurückhaltung des im Bachbette schon vorhandenen Geschiebes und der möglichsten Hintanhaltung des raschen Abflusses der Niederschlagswässer zuzuwenden. In den tieferen Lagen

finden sich in den verhältnismäßig breiten Bachbetten mit flachen Ufern, bei höchst unregelmäßigem Wasserabflusse große Schotterdeponien vor, und es erwächst hieraus die Notwendigkeit, der Wandelbarkeit dieser Schottermassen durch entsprechende Regulierungsarbeiten ein Ziel zu setzen. Die Hauptfrage ist und bleibt aber die tunlichste Verminderung des raschen Wasserabflusses im Niederschlagsgebiete, und diese Aufgabe ist, da ausgiebige Wasserbehälter, Reservoirs, oft nicht oder nur in beschränkter Zahl oder Dimensionierung ausführbar sind, meist nur auf kulturellem Wege zu erreichen.

Mit der Durchführung der vorbeschriebenen Maßnahmen zur Beruhigung der Wildbäche, sei es nun jener im Hochgebirge oder jener im Berg- und Hügellande, muß nötigenfalls die Herstellung von Schutzvorrichtungen am Schuttkegel Hand in Hand gehen, wobei auf den richtigen Zusammenhang der Arbeiten im Innern der Wildbäche und im Tallaufe großes Gewicht gelegt werden muß. Naturgemäß erfordert die Verbauung der Wildbäche im Talinnern einen relativ größeren Zeitaufwand als jene am Schuttkegel, so daß es in vielen Fällen nicht zulässig wäre, den Effekt der Verbauung im Talinnern abzuwarten und die Durchführung von nötigen Schutzvorrichtungen am Schuttkegel oder im Tallaufe des Wildbaches außer acht zu lassen. Doch muß darauf verwiesen werden, daß es mitunter ratsam ist, diese letzteren, wenn tunlich, vorerst nur in einfacher Bauweise, also mehr provisorisch herzustellen. Ein kostspieliges Definitivum wäre einerseits während der Verbauungsperiode zu stark exponiert und könnte andererseits möglicherweise den nach der Verbauung eintretenden Abflußverhältnissen nicht mehr entsprechen, denn die Wirkungen eines verbauten Wildbaches sind naturgemäß ganz andere als die eines unverbauten. — In manchen Fällen wird nach vollzogener Verbauung von der Herstellung eines Definitivums vielleicht überhaupt ganz abgesehen werden können, jedenfalls ist aber anzunehmen, daß sich die Notwendigkeit der Durchführung besonderer Vorkehrungen gegen Verschotterung im Tallauf mit dem Fortschritte der Verbauung im Talinnern vermindert.

Als integrierender Teil eines jeden Verbauungssystems ist auch die Reinhaltung der Bäche von Wildholz und die sorgfältige Beobachtung der Rinnsale, eventuell das langsame und zweckmäßige Aussteinen derselben anzusehen. Dringend geboten ist es selbstverständlich, daß das Gehänge der Wildbäche in keiner Weise, weder durch irrationelle forst- noch landwirtschaftliche Maßregel, zu welch letzteren insbesondere und unter gewissen Verhältnissen Bewässerungen und Wasserleitungen gezählt werden müssen, beunruhigt werde.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist die Handhabung strenger Wasserpolizei, die sich auf entsprechende wasserrechtliche Bestimmungen zu stützen hat. Wenn man sich bei Novellierung der Wasserrechtsgesetzgebung mehr mit der Nutzung als mit der Abwehr der Gewässer beschäftigt, so ist das bedauerlich, denn die erstere ist wesentlich von der letzteren abhängig.

§ 7. Die allgemeinen Regeln für den Bau und die Erhaltung der Wildbachverbauungen. Für die Ausführung der Wildbachverbauungen muß als Grundsatz nicht nur das rechtzeitige, sondern auch das ausreichende Eingreifen bezeichnet werden. Jedes Säumen ist von oft unberechenbarem Schaden begleitet und jede Lücke im Verbauungswerke wird leicht zu dessen Achillesferse. Auch ein allzu rasches, überstürztes Vorgehen empfiehlt sich nicht und kann der Sache nur allzuleicht schädlich werden.

Einen maßgebenden Faktor der Ausführung bilden die Kosten, von deren Höhe nicht selten die Durchführbarkeit einer bestimmten Verbauung abhängt.

Insoferne die Solidität der Ausführung hiedurch nicht in Frage gestellt erscheint, wird demnach vor allem zu erwägen sein, auf welche möglichst einfache Weise und mit welchen möglichst geringen Kosten die Verbauung durchgeführt werden könnte. Die Kosten der Bauausführung sind im allgemeinen zunächst abhängig von der Wahl und Beschaffung der Baumaterialien, von der Art und Weise der Konstruktion der einzelnen Werke und von den lokalen Arbeitsverhältnissen. Bei den in den Wildbächen vorherrschend schwierigen Transportverhältnissen wird man sich selbstverständlich, wenn die Ausführung überhaupt eine Wahl zuläßt, jenes Materiales bedienen müssen, welches ohne zu erhebliche Kosten zur Baustelle geschafft werden kann. Wenn auch Steinbauten unter sonst gleichen Verhältnissen in der Regel teurer als Holzbauten zu stehen kommen, so verdienen die ersteren in Anbetracht ihrer Solidität und Dauerhaftigkeit im allgemeinen doch den Vorzug.

Unter der Voraussetzung, daß gutes Bauholz an Ort und Stelle oder in der Nähe zur Verfügung steht, kann sich dasselbe allerdings mitunter für eine billigere Bauweise insbesondere deshalb empfehlen, weil die heimische Bevölkerung in der Regel mit der Holzarbeit mehr vertraut ist und deshalb auch fremde, zumeist kostspieligere Arbeitskräfte nicht herangezogen werden müssen. Der Bestand der hölzernen Werke ist übrigens namentlich dort, wo dieselben beständig unter Wasser stehen, oder vom Materiale verdeckt sind, oder wo mit Rücksicht auf die Bodenverhältnisse eine baldige Begrünung des verbauten Baches zu erwarten steht, ein zumeist hinreichend dauerhafter. Ein wesentlicher Vorteil der Holzbauten ist darin zu suchen, daß eingetretene lokale Beschädigungen in der Regel nicht so rasch zur Zerstörung des ganzen Baues führen und daher öfter rechtzeitig wieder gut gemacht werden können. Es wäre deshalb gewiß einseitig, wollte man unter allen Umständen dem Holzbaue aus dem Wege gehen, es ist vielmehr Sache des Projektanten, je nach den örtlichen Verhältnissen die richtige Wahl und das richtige Maß in der Verwendung von Stein und Holz zu treffen. Unter allen Umständen sind zu den Steinbauten nur gute und dauerhafte Steine von möglichst großen Dimensionen zu verwenden. Steine, die in einem feuchten Grunde der Verwitterung stark unterliegen, wie z. B. alle Schieferarten, Sandsteine usw., sind für Bauten im Wildbachgebiete nicht gut verwendbar. Der Betonbau konnte sich bisher im Wildbachverbauungsdienste nicht recht einbürgern. Die Ursache ist die größere Gefährdung der oberirdischen Bauteile durch Abschleifen und durch Frost. Für Fundierungen eignet sich Beton selbstverständlich vorzüglich.

Zu den Holzbauten ist gesundes Lärchen-, Kiefern-, Tannen- und ausnahmsweise auch Fichtenholz in genügender Stärke zu verwenden. Die Hölzer sind rund zu belassen, zu entrinden und nach Erfordernis untereinander am besten mit Holznägeln zu festigen. Zu den Faschinenbauten ist, wo immer möglich, ausschlagfähiges Material zu verwenden, während sich dicht und stark beastete Tannen für Packwerke am zweckmäßigsten erweisen. Der Kostenpunkt der Ausführung hängt auch von den lokalen Arbeitsverhältnissen ab. Es soll als Grundsatz gelten, sich, wenn halbwegs tunlich, eine ständige Arbeiterschaft zu bilden und nicht durch Zugeständnisse einzelner hoher Löhne diese letzteren nach und nach auf eine den Verhältnissen nicht entsprechende Höhe zu bringen. In dieser Hinsicht hat sich die Verwendung von Sträflingen und Zwänglingen bestens bewährt.

Zur Sicherung einer entsprechenden Solidität des Verbauungswerkes, sowie auch zur Erzielung einer möglichst billigen Ausführung, ist die stete Aufsicht durch tüchtige, fachmännisch gebildete Organe erforderlich, welche vorgefundene Mängel ohne Rücksicht sogleich abzustellen und die nötigen Weisungen an Ort und Stelle

zu erteilen haben. Nicht nur die Kosten der Ausführung, sondern auch die Kosten der ferneren Erhaltung sollen einen hervorragenden Faktor bei Projektierung von Verbauungen bilden. Die Erhaltung der Bauten ist von den verwendeten Materialien und Arbeitskräften, von der Art der Ausführung, sowie selbstverständlich von der Art und Weise der Durchführung der Erhaltung selbst abhängig. Wie bereits an früheren Stellen hervorgehoben, stellt sich die Erhaltung der Steinbauten, weil diese im allgemeinen dauerhafter sind, unter sonst gleichen Verhältnissen billiger als jene der Holzbauten. Kleinere Objekte, die überdies im allgemeinen leichter herzustellen sind, erfordern weniger intensive Erhaltung als große, an deren Bestand sich auch gleichzeitig und naturgemäß ein höheres Interesse knüpft. Die Kosten der Erhaltung können übrigens durch intensive Beaufsichtigung wesentlich verringert werden. Es erscheint deshalb unbedingt nötig, daß gleich nach Verlauf eines Elementarfalles die Bauten einer eingehenden Untersuchung unterzogen und vorgefundene, noch so geringfügige Mängel ohne Verzug behoben werden. An Bauten, bei welchen die heimische Bevölkerung werktätig beteiligt war, werden derartige Schäden leichter behoben werden können, weil in einem solchen Falle das Verständnis und das Interesse in weit höherem Grade vorhanden sind, als umgekehrt. Schäden, welche nicht mit Elementarfällen zusammenhängen, sondern dem natürlichen Zersetzungsprozesse zugeschrieben werden müssen, sind gleichfalls tunlichst rasch zu beheben, und wird diesbezüglich die Veranlassung periodischer Bachbegehungen von großem Vorteile sein. Da die intensive und verständige Erhaltung der Bauten insbesondere in den ersten Jahren von großer Bedeutung ist und mangelhafte Objekte dem Talgrunde nur unberechenbaren Schaden bringen können, so soll und muß auf die Bildung eines Erhaltungsfonds und insbesondere auch auf die Möglichkeit sorgfältiger Ueberwachung der Instandhaltung Bedacht genommen werden. Die Aufstellung von Instandhaltungskatastern ist empfehlenswert.

Wenn es sich um die systematische Verbauung eines Wildbaches handelt, so muß vorerst eine gründliche Durchforschung des Gebietes in geologischer und geognostischer Beziehung vorgenommen werden, der sich auch noch die Ermittelung jener Grundursachen anzuschließen hat, welche ausschließlich oder doch vorwiegend zur Entstehung des nunmehr zu verbauenden Wildbaches die Veranlassung gegeben haben. Erst auf Grundlage dieses möglichst sorgfältig erhobenen Materiales kann an die Abfassung des eigentlichen Verbauungsprojektes geschritten werden. Dasselbe hat im allgemeinen aus der Situation des Niederschlagsgebietes, den Längenprofilen der zu verbauenden Bachstrecke, den nötigen Querprofilen und dem Kostenvoranschlage zu bestehen. In der Situation sind die vorhandenen Terrainbrüche und alle sonstigen, für die Verbauung wichtigen materialschaffenden Oertlichkeiten kenntlich zu machen.

Der Motivenbericht enthält die Begründung der Verbauung und die der zeichnerischen Darstellung nicht zu entnehmenden, jedoch zu berücksichtigenden Verhältnisse.

In einigen Staaten sind für die finanzielle Sicherstellung und für die Durchführung der Wildbachverbauungen eigene Gesetze geschaffen worden und es dient dann das technische Elaborat als Grundlage für die im Sinne dieser Gesetze durchzuführenden Verhandlungen und für die technische Ausführung selbst.

§ 8. **Die technischen Mittel der Wildbachverbauung.** Die Mittel, um einen Wildbach zu beruhigen und ihn in normale Verhältnisse zurückzuführen, sind zweifacher Art. In erster Linie sind zu ihnen die technischen Arbeiten, d. h. die unterschiedlichen Schutz- und Festigungsbauten, und in zweiter

Linie die eigentlichen forstlichen Arbeiten, d. h. Bindung und Festigung der Terrainbrüche und des entwaldeten Sammelgebietes durch Berasung und Bewaldung, dann sonstige kulturelle wirtschaftliche Maßnahmen zu zählen. Die letzteren Vorkehrungen unterstützen nicht nur wesentlich die ersteren, es ist vielmehr in vielen Fällen eine gelungene Wiederbewaldung für den Gesamterfolg der Verbauung ausschlaggebend.

Zu den technischen Mitteln der Verbauung sind zu zählen:

1. Die Querbauten.
2. Die Parallelbauten.
3. Die Schalenbauten.
4. Die Entwässerungsanlagen.
5. Die Lehnenbindungen.
6. Die Schuttkegelversicherungen.

1. Die Querbauten. Es sind das Werke, welche ähnlich wie ein Wehr von einem Ufer zum anderen reichen, und zumeist senkrecht auf den Stromstrich zu stehen kommen. Mit Hilfe solcher Bauten wird die Bachsohle entweder in ihrem konkreten Zustande erhalten oder aber gehoben, immer aber vor der weiteren Sohlenerosion geschützt. Bei Hebung der Bachsohle tritt in der Regel gleichzeitig eine Profilerweiterung ein und angebrochene Füße der seitlichen Hänge erhalten eine Stütze. Ueberdies wird das wirksame Bachgefälle und hiemit die Schleppkraft des Wassers vermindert.

Je nach der Höhe über der Bachsohle trennt man die Querwerke in Talsperren und in Grundschwellen.

a) Die Talsperren. Man bezeichnet gemeiniglich solche Querbauten als Talsperren, welche mindestens eine Höhe von 2—3 Meter über der Bachsohle haben. Je nach der ihnen zufallenden Aufgabe werden Stauwerke und Konsolidierungswerke unterschieden. Im ersteren Falle hat das Objekt die einzige oder doch vornehmliche Aufgabe, Material zurückzuhalten, im zweiten Falle aber die Bachsohle vor Erosion zu schützen oder anbrüchige Lehnenfüße durch die Verlandung zu decken. Nicht selten kann das Objekt durch günstige Wahl der Baustelle beiden Aufgaben zugleich gerecht werden. Stauwerke finden insbesondere bei Verbauung der Wildbäche, welche vorwiegend Verwitterungsprodukte führen, Anwendung. Als Grundsatz für die Wahl der Baustelle solcher Objekte gilt die Ausnützung felsiger Stellen innerhalb des Bachgerinnes, und dies in engen Querprofilen, oberhalb welchen sich das Tal bei vorherrschend geringem Gefälle zu einem Becken erweitert.

Die Wahl der Baustelle für Konsolidierungszwecke soll zwar von ähnlichen Grundsätzen geleitet sein, doch hängt sie zumeist von der Beschaffenheit der zu versichernden Bachstrecke ab. Immer sollen Konsolidierungswerke auf einer der Erosion unterworfenen Bachstrecke derart systematisch im Zusammenhange stehen, daß die unter dem Ausgleichsgefälle geneigten Linien ihrer Verlandung von der Krone des einen Objektes bis zum Fuße des nächst höheren reichen. Auch soll es Grundsatz sein, wenn tunlich, an Stelle eines höheren Objektes mehrere niedrige zu errichten, weil hiemit der Gefahr der Auskolkung des Sperrfußes, welche den Bestand des Objektes am meisten gefährdet, wirksamer vorgebeugt wird.

Die Talsperre besteht aus dem Sperrkörper samt seinem Fundamente und der seitlichen Einbindung, dann aus der Vorfeldversicherung, dem Fall- oder Sturzbett, dessen Aufgabe es ist, den Sperrfuß zu sichern, d. h. ihn vor Kolkungen und Unterspülungen durch das herabfallende Geschiebe und abfließende Wasser zu bewahren.

Nachdem Talsperren in der Regel größere und bedeutungsvollere Objekte sind,

so werden sie zumeist in Stein, oder, wenn schon aus Holz, so doch nur mit Zuhilfenahme von Stammholz errichtet.

Talsperren aus Faschinen oder aus Packwerk gelangen selten zur Herstellung. Der Körper einer Steinsperre wird zumeist in Form eines liegenden Gewölbes mit dem Scheitel stromaufwärts erbaut. Der Vorteil der Bogenform, deren Pfeilhöhe beiläufig dem Zehntel der Sehne, diese letztere also annähernd dem Bogenradius entsprechen soll, liegt in der größeren Widerstandsfähigkeit gegen den Stoß und Druck der sich ansammelnden Wasser- und Geschiebemassen.

Bei geringer Spannweite und dort, wo starker Seitendruck zu erwarten ist, werden die Talsperren gerne in Art freistehender Mauern geradlinig errichtet. Die talwärts gekehrte oder talseitige Stirnwand einer Sperre ist vorteilhaft mit einem Anzug von 20—25% der Höhe, in seltenen Fällen vertikal herzustellen. Allerdings wird mit der vertikalen Stellung die kolkende Einwirkung der überstürzenden Wassermassen auf den unmittelbaren Fuß der Sperre vermieden, auch wird die Abnützung der talseitigen Stirnfläche auf die oberste Lage beschränkt. Dagegen ist die Standfestigkeit einer an der Talseite geböschten Sperre größer und die Inanspruchnahme des Sturzbettes im allgemeinen geringer. Die bergwärts gekehrte sog. bergseitige Stirnwand wird in der Regel vertikal gehalten.

Mit Rücksicht auf die Ausführung kann der Körper einer Steinsperre entweder aus einer in hydraulischen Mörtel gelegten Bruchsteinmauer oder aus einem gemischten Mauerwerk, d. h. teilweise in Mörtel, teilweise trocken gemauert, oder endlich aus einem reinen Trockenmauerwerk mit mehr oder minder gut behauenen Steinen bestehen. In neuerer Zeit werden auch Talsperren in Beton ausgeführt, wobei es sich empfiehlt, die Krone mit gutem Stein in hydraulischem Zement abzudecken.

Bei den Wildbachverbauungen in Oesterreich und in der Schweiz werden die Talsperren vielfach als Trockenmauern mit lagerhaft zugehauenen Steinen erbaut, während in Frankreich zumeist Mörtelmauerungen oder gemischte Mauerungen Anwendung finden. Wo großer, schöner Stein vorhanden, kann die Trockenmauerung in Art der Zyklopenmauerung immerhin Anwendung finden, es wäre denn, daß es sich um die Herstellung sehr hoher und wichtiger Objekte handelt, in welchem Falle unbedingt der Zementmauerung der Vorzug einzuräumen ist.

Wird der Körper einer Talsperre in hydraulischen Mörtel gelegt, so muß eine größere Abflußöffnung, eine sog. Dohle oder mehrere kleine Mauerschlitze für den Abfluß des Sickerwassers, letztere in ausreichender Anzahl und Verteilung, hergestellt werden. Bei dem Aufbaue der Sperre sind für die Herstellung der talseitigen Stirnwand möglichst große und gute Steine bei entsprechender Ausarbeitung der Stoß- und Lagerfugen zu benützen.

Die einzelnen Steine sollen mit ihrer längsten Dimension nach der Tiefe der Mauer gelegt werden; die Höhe der einzelnen Steinlagen entspricht der zweitgrößten Dimension der verwendeten Steine.

In jeder Steinlage (Gewölbering) sind womöglich gleich hohe Steine zu verwenden. Das selbständige, gewölbartige und tunlichst rasche Abschließen einer jeden einzelnen Steinlage ist mit Hinblick auf die Möglichkeit großer Beschädigung im Falle eines Hochwassers oder Murganges geboten. Höhe und Mauerstärke werden mit Rücksicht auf die örtliche Beschaffenheit fallweise zu bestimmen sein.

Die Krone der Steinsperre wird mit besonders großen Steinen abgedeckt, und erhält vielfach ein schalenförmiges Profil, d. h. es wird der Wasserüberfall gegen die Mitte der Krone in eine sogenannte Abflußsektion verlegt. Ist die eine Böschung felsig, die andere locker, so wird der Abfluß gegen die erstere gerichtet.

Die horizontale Krone ist dort zulässig, wo die Seitenhänge beiderseits aus festem, felsigen Materiale zusammengesetzt sind. Es ist ihr im übrigen der Vorteil der Vermeidung der Konzentration der Wässer zuzusprechen, welcher Vorteil auch teilweise durch die Wahl eines trapezförmigen Profiles der Abflußsektion, an Stelle des schalenförmigen, zu erreichen ist. Diese letztere wird nicht selten der erhöhten Sicherheit wegen abgedielt, wobei die Bedielung als Schußtenne über die talseitige Stirnwand hervorragt.

Die Widerlager einer Sperre werden durch das möglichst tiefe Einbauen des Sperrkörpers in die Seitenhänge des Wildbaches ersetzt und in den wenigsten Fällen durch künstliche Anlagen geschaffen.

Ist das Gehänge locker, so erscheint es vorteilhaft, Böschungsversicherungen, anlehnend an das Ufergelände, von den Sperrflügeln aus nach auf- besonders aber nach abwärts möglichst weit zu führen und an den Enden in das natürliche Terrain einzubinden.

Das Fundament einer Steinsperre ist um so sorgfältiger herzustellen, je höher und massiver der Bau errichtet werden soll. Ist in der Bachbettsohle, und zwar in mäßiger Tiefe fester, gewachsener Boden anzutreffen, so ist der Sperrkörper bis auf den Felsen hinabzuführen; es muß also dieser bloßgelegt und die Fundamentmauer unmittelbar darauf bezw. in den Fels entsprechend vertieft gesetzt werden. Dabei ist die Oberfläche des Felsens vorerst, sei es stromaufwärts etwas geneigt, sei es in Staffelform herzurichten. Ist ein felsiger Untergrund nicht vorhanden oder doch erst in bedeutender Tiefe anzutreffen, dann sollen nur Objekte von mäßiger Höhe erbaut werden oder es müssen selbe auf eine solide Rostanlage gestellt werden.

Sind die beiderseitigen Anschlußlehnen felsig, die Sohle dagegen aus losem Schotter zusammengesetzt, so kann es sich behufs Verhinderung der gefahrvollen Auskolkung empfehlen, das Fundament des Objektes gewölbartig, mit dem Scheitel nach aufwärts, auszubauen, wobei die beiderseitigen festen Anschlußlehnen dem Fundamentgewölbe als Widerlager zu dienen haben.

Das Vorfeld der Talsperre ist jener Teil der Bachbettsohle, welcher unmittelbar von den über die Sperre abstürzenden Wasser- oder Geschiebemassen getroffen wird. Derselbe wird selbstredend, soll nicht eine Auskolkung und Unterspülung der Sperre eintreten, deren Folgewirkung der Einsturz der gesamten Anlage wäre, dieser erhöhten Kraftäußerung Widerstand leisten müssen. Eine feste und dauerhafte Versicherung dieser Stelle ist somit die wichtigste Aufgabe des Gesamtbaues und kann nur dann entfallen, wenn die besagte Stelle felsiger Beschaffenheit sein sollte.

Bei Steinsperren kommt zumeist die solide Abpflasterung des Vorfeldes als Vorfeldversicherung in Anwendung. Hiebei ist darauf zu sehen, daß die Steine, die vorteilhaft in Zement zu legen sind, auf die „hohe Kante" gesetzt werden und daß die Vorfeldversicherung genügend weit nach abwärts reiche. Die doppelte Fallhöhe des Objektes als Länge der Vorfeldversicherung wird unter allen Umständen genügen. Vorteilhaft hat sich die Abdielung der Pflasterung mit Holz erwiesen. Je weiter die Pflasterung gegen die Krone heraufgezogen wird, desto mehr wird die Fallhöhe verringert und desto mehr wird der Beschädigung des Vorfeldes vorgebeugt.

Das Vorfeld kann auch durch die Herstellung eines sekundären Vorbaues, einer sog. Vorsperre oder Gegentalsperre geschützt werden, welchem Baue dann der Charakter einer Grundschwelle zukommt. Ihre Verlandung hat bis zum Fuße des Hauptobjektes zu reichen. Oft wird zur erhöhten Sicherung das talseitige Ende der Vorfeldversicherung durch eine Grundschwelle, eine Gegensperre, abgeschlossen, Abb. 5.

Für die Ausführung gilt der allgemeine Grundsatz, vorerst jene Objekte zu bauen, welche den anderen zum Schutze zu dienen haben. Es wird deshalb zunächst

Abbildung 3.

Abbildung 4.

die Vorsperre, daran anschließend eventuell die Pflasterung des Vorfeldes und dann erst die eigentliche Sperre zu errichten sein.

Es kann nicht unbemerkt bleiben, daß oft die stärksten Vorfeldversicherungen der Kraft des abstürzenden Wassers nicht Widerstand zu leisten vermögen. Es hat

sich daher als vorteilhaft erwiesen, bei genügender Tiefe des Fundamentes der Sperre, oder bei gewölbartigem Ausbaue derselben, den sich vor dem Objekte stets bildenden Kolk selbst künstlich herzustellen und ihn mit großen Steinen auszufüllen und immer wieder nachzufüllen, das gänzliche Abschwemmen dieses Steinvorgrundes aber durch Herstellung einer Pilotenwand zu verhindern.

In den Abb. 3, 4 und 5 ist die Type einer Steinsperre in Trockenmauerung ersichtlich gemacht. Die Krone ist trapezförmig ausgestaltet, die Vorfeldversicherung am talseitigen Ende verstärkt, d. h. in Art einer Grundschwelle hergestellt. Im Falle der Verwendung von Mörtel würde sich die Form des Objektes nicht ändern, nur müßte für die Freilassung einer Dohle oder von Sickerschlitzen Sorge getragen werden.

Talsperren aus Holz können ein- oder zweiwandig sein. Die ersteren bezeichnet man als Blockwand- oder Balkensperren, die letzteren als

Abbildung 5.

Steinkastensperren. Der Körper der Balkensperren besteht aus einer Anzahl von übereinandergelegten, runden Stammstücken von gehöriger Länge und Stärke, die entweder unmittelbar aufeinanderliegen oder untereinander Zwischenräume von 15—20 cm Weite bilden. Im ersteren Falle wird die Sperrwand in der Regel durch vorne eingerammte Piloten gehalten. Im zweiten Falle dienen zur Festigung dieser Wand Zangenhölzer, welche in die Hinterfüllung möglichst weit hineingreifen. Nicht ohne Vorteil ist die Verwendung von ganzen Stämmen mit voller Beastung als Zangenhölzer, in welchem Falle die in der Hinterfüllung fest eingeschlossene Krone einen weit höheren Festigkeitsgrad gewährt. Es entsteht dann die im Gebirge häufig angewendete Rauhbaumsperre, Abb. 6, 7 und 8. Die Steinkastensperre, Abb. 9, 10 und 11, besteht aus zwei Balkenwänden, die untereinander mittels Querhölzern verbunden sind, während der Zwischenraum mit Geschiebe aus-

Abbildung 6.

Abbildung 7.

Abbildung 8.

gefüllt und an der Oberfläche überdielt oder abgepflastert wird. Ist die Profilweite sehr beträchtlich, so wird der Holzbau aus zwei oder drei Teilen derart zusammengesetzt, daß zwei Teile bergwärts einen stumpfen Winkel bilden oder daß bei drei Teilen der mittlere Teil senkrecht auf den Stromstrich und die Seitenteile schief und talwärts geführt werden, so daß die Form einem mit dem Scheitel bergwärts liegenden Gewölbe ähnlich wird. In der obersten Balkenlage wird durch Einschnitte und durch

Abbildung 9.

Abbildung 10.

Befestigung von kürzeren Seitenstücken eine Abflußrinne für die Wässer geschaffen und damit auch der Stromstrich von den gefährdeten Uferpartien abgelenkt. Die Versicherung des Vorfeldes bei hölzernen Talsperren erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den Steinsperren und ist den Abb. 7—11 zu entnehmen. Zu beachten ist, daß Holzsperren im untersten Teile einen Holzboden, den sog. Schwerboden zu dem Zwecke erhalten sollen, damit im Falle der Auskolkung die Füllung, wo eine solche vorhanden, nicht nachsinken kann.

b) Die Grundschwellen sind niedrige Querwerke, welche im allgemeinen die Aufgabe haben, entweder, ähnlich wie die Talsperren, im systematischen Zusammenhange die Erosion zu verhindern, oder aber anderen Objekten, Parallelwerken, Schalenbauten, auch den Talsperren als Vorsperren zur Stütze zu dienen.

Die Wahl der Baustelle hängt von der Aufgabe ab, welche das Objekt oder eine ganze Reihe solcher Objekte zu erfüllen hat. Im allgemeinen gelten für die Wahl der Baustelle die bei den Talsperren zu berücksichtigenden Grundsätze.

Grundschwellen können, ähnlich wie die Talsperren, in Stein und Holz bei entsprechend geringerer Dimensionierung ausgeführt werden.

Abbildung 11.

Eine Steingrundschwelle, welche einer sich anschließenden Sohlenpflasterung zur Stütze dient, ist in den Abb. 12, 13 und 14 ersichtlich gemacht.

Hölzerne Grundschwellen bestehen aus einem, aus zwei oder mehreren Balken, die senkrecht auf den Stromstrich in die Bachsohle eingelassen und beiderseits mit den Hängen entsprechend verbunden werden.

Die geringere Dimensionierung der Grundschwellen und ihre Anwendung in den kleinen Wasserrinnen, welche sich rasch begrünen sollen, lassen es oft wünschenswert erscheinen, ausschlagfähiges Material zu ihrer Herstellung als sog. lebende Werke zu verwenden. Derartige Objekte sind dann als Querflechtwerke, Abb. 15, 16 und 17, oder als Faschinenquerwerke, Abb. 18, 19 und 20 bekannt.

Abbildung 12.

Abbildung 13.

Abbildung 14.

Die Art der einfach gehaltenen Vorfeldversicherung ist den bezogenen Abbildungen zu entnehmen. Im Bedarfsfalle können die Konstruktionen entsprechend verstärkt werden.

Steht ausschlagfähiges Material nicht zur Verfügung, so müssen derartige Objekte aus sonstigem Astwerk, als sog. t o t e Werke errichtet werden.

Abbildung 15.

Abbildung 16.

Abbildung 17.

Die lebenden Werke finden übrigens auch dort Anwendung, wo es sich darum handelt, auf die Verlandung der Querwerke erster oder zweiter Ordnung schwächere Objekte höherer Ordnung zum Schutze dieser Verlandung und zur Ermöglichung ihrer raschen Begrünung aufzusetzen.

Die lebenden Werke, die mit Rücksicht auf ihre Widerstandskraft und längere Dauer den toten Werken vorzuziehen sind und zu deren Ausführung ausschlagfähiges

Material verwendet wird, sollen zu einer Zeit hergestellt werden, zu welcher auf das Austreiben mit Bestimmtheit gerechnet werden kann. Das Material soll daher frisch gewonnen werden und speziell zur Herstellung von Faschinen aus möglichst langen und nicht zu starken Weidenruten bestehen.

Abbildung 18.

Abbildung 19.

Abbildung 20.

Im Falle der Errichtung von Flechtwerken werden senkrecht auf den Stromstrich Pfähle aus womöglich gleichfalls ausschlagfähigem Materiale in einer oder in zwei Reihen geschlagen und mit ausschlagfähigen Weidenruten, deren unteres Ende genügend tief in den Boden zu versenken ist, verflochten.

Die Faschinen werden durch Binden des Materiales mittelst Draht oder Wieden ergänzt und sollen länger sein, als die Breite des damit zu verbauenden Rinnsales. Wird die Faschine mit einem Schotterkern versehen, so entsteht die Senkfaschine,

in größerer Dimensionierung auch Sinkwalze genannt, welche den Vorteil einer gewissen Beweglichkeit insoferne besitzt, als sie im Falle der Auskolkung durch ihre Schwere nachzusinken und den Kolk wenigstens teilweise auszufüllen vermag.

2. Die Parallelbauten. Es sind dies Objekte, welche nach der Längsrichtung des Baches in der Regel zum Schutze von anbrüchigen Lehnen oder Ufern, oder auch zur Schaffung geregelter Gerinne errichtet werden. Zu derlei Bauten gehören zunächst die verschiedenen Arten des Uferschutzbaues, auf deren nähere Beschreibung wegen Raummangel hier nicht eingegangen werden kann.

Abbildung 21.

Abbildung 22.

Die Wahl der Baustelle ist durch die örtlichen Verhältnisse gegeben; für die Wahl des Baumateriales gelten die allgemeinen Grundsätze. Uferschutzbauten werden in den Wildbächen nicht selten als Flechtwerke oder in Form von Streichwänden, dann in Form einfacher oder doppelter Steinkästen, rohen oder geschlichteten Steinwürfen u. dergl. m. errichtet. Flache Böschungen sind den steilen vorzuziehen. Gegen die Gefahr der Auskolkung sowohl, als auch der der Ueberflutung muß entsprechend vorgesorgt sein.

Abbildung 23.

Abbildung 24.

Abbildung 25.

Abbildung 26.

Die Abb. 21 und 22 zeigen solche nicht selten in Anwendung kommende Uferschutzbauten.

Wenn es sich um die Herstellung geschlossener Gerinne handelt, was insbesondere in den ausgedehnten Talläufen der Wildbäche der Berg- und Hügelländer nötig fällt, so kommen oft Flechtwerke, Faschinenwerke, Spreitlagen oder auch Sinkwalzen in Anwendung. Wo Steine vorhanden, werden gemauerte Leitwerke oder Böschungspflasterungen, Taludierungen, ausgeführt.

Zur Verhinderung der Unterwaschung sind nach Bedarf Grundschwellen einzubauen. Die Abb. 23—26 zeigen derartige Bachlaufkorrektionen, Abb. 27 überdies den Sinkwalzenbau.

Die sehr veränderlichen Wasserstände der Wildbäche der Berg- und Hügelländer schließen die Wahl des einfachen, alle Wasserstände konsumierenden Querprofiles aus, weshalb zumindest den extremen Hochwässern die Ueberflutung nicht verwehrt wird. Aus diesem Grunde erscheint es aber umso mehr geboten, das Vorland durch Einziehen von Traversen aus Flechtwerk, oder in Art von Steinwürfen auf Faschinenbettung, u. dergl. m. zu festigen.

In seltenen Fällen wird das Doppelprofil gewählt.

Abbildung 27.

Strenge genommen zu den Parallelwerken nicht zu zählen sind die Buhnen, welche, mehr oder weniger weit und verschieden gestellt, in das Bachbett ragen. Sie werden als Schutz-, Treib- und Verlandungsbuhnen errichtet, bilden aber in den Wildbächen stärkeren Gefälles ein zweischneidiges Schwert in der Hand des Projektanten, denn je offensiver ihr Charakter, desto größer wird die Gefahr von Bachverwerfungen. In den Wildbächen der Berg- und Hügelländer können sie bei den dort vielfach herrschenden geringeren Gefällswerten dazu benützt werden, um durch langsames Vorschieben, bei gleichzeitiger Kultivierung des Vorlandes, die Entwickelung des Normalprofiles zu fördern und dessen nachträgliche Stabilisierung zu erleichtern.

Ihre Herstellung erfolgt in Art des Uferschutzbaues. Besonderes Gewicht ist auf die ausreichendste Versicherung des Buhnenkopfes zu legen.

3. Die Schalenbauten. Schalen oder Kunetten sind künstlich hergestellte Abflußkanäle mit am vorteilhaftesten segment- oder halbkreisförmigem Profile.

In der Regel kommt der Schalenbau zur Verhinderung der Sohlenerosion in den obersten Runsen des Niederschlagsgebietes eines Wildbaches zur Anwendung, doch setzt das voraus, daß die beiderseitigen Gehänge schon so weit abgeböscht sind, daß durch ihren Einsturz oder selbst durch Herabfallen größerer Steine die Schale, die in der Regel gepflastert ist, nicht Schaden leide. In größerer Form können Schalen auch behufs Ableitung des Baches, sei es im Talinnern, sei es am Schuttkegel errichtet werden. Unter gewissen Verhältnissen kann es genügen, an Stelle von Steinschalen

hölzerne, schalenförmige Gerinne oder selbst solche aus Rasen (Rasenkunetten) zu ähnlichen Zwecken herzustellen. Vorteilhaft sind gepflasterte Schalen in Verbindung mit Verpfählungen, die sog. Pfahlkunetten. Die Dimensionierung hängt in allen Fällen von den zu erwartenden Abflußmengen ab. In steilem Gefälle wird die Unterstützung durch Grundschwellen nottun. Die Abb. 28—31 zeigen eine durch Grundschwellen

Abbildung 28.

Abbildung 29.

Abbildung 30.

Abbildung 31.

gestützte Steinschale. Hervorzuheben ist, daß derartige Objekte, wenn es besondere Verhältnisse nicht anders erheischen sollten, von unten hinauf zu bauen sind, weil so im Falle des Eintrittes eines Hochwassers während der Arbeit größeren Beschädigungen besser vorgebeugt erscheint.

4. Die Entwässerungsanlagen. Dieselben bestehen in der Errichtung von Entwässerungsgräben zum Zwecke der Ableitung der Quell- und Sickerwässer, welche

vornehmlich durch Unterwühlung schädlich wirken. Für die Anlage sind die lokalen, oft sehr verschiedenen Verhältnisse derart maßgebend, daß sich in gedrängter Kürze allgemeine Grundsätze für die technische Durchführung nicht aufstellen lassen. In den Wildbächen ist es unbedingt notwendig, die auf die Unterwühlung der Gehänge zurückzuführenden Terrainbrüche sorgfältig zu beobachten und eventuell vorerst provisorisch zu entwässern, bevor zur Anlage definitiver derartiger, zumeist kostspieliger Anlagen geschritten wird.

Abbildung 32.

Die Abb. 32 und 33 zeigen Querschnitte von Entwässerungsgräben, wie solche zumeist zur Herstellung gelangen. In Abb. 33 ist der Graben durch eine Schale gedeckt, welche den Zweck hat, das oberflächlich abfließende Meteorwasser unschädlich über den lockeren, unterwühlten Hang abzuleiten.

Die Anlage, die wenn nötig, in anderen voranzugehenden baulichen Maßnahmen, als Fußversicherungen, Sohlensicherungen u. dgl. m. ihre Stütze finden muß, soll umsomehr die Eigenschaft der tunlichsten Bauökonomie aufweisen, als ihre Zweckmäßigkeit oft von vorneherein nicht hinreichend beurteilt werden kann. Zur Füllung der Gräben ist deshalb das in der Regel nicht weit von der Baustelle zu gewinnende Stein-, Holz- oder auch Faschinenmaterial zu verwenden. Drainröhren und ähnliche Leitungen sind der Kostspieligkeit und der in der Regel hohen Transportkosten halber selten, und wohl nur an zugänglicheren Orten im Gebrauch.

Abbildung 33.

Der zu verwendende Stein ist von der anhaftenden Erde zu befreien und mit der breiten Fläche nach abwärts zu legen. Die größten Steine kommen zu unterst zu liegen. Um das Verschlämmen zu verhindern, ist eine Einlage von Moos oder Fichtennadeln vorteilhaft. Bruchstein in loser Schichtung ist, weil dem Wasser mehr Zwischenraum zum Abflusse geboten wird, verwendbarer als Findlinge. Bei größerem Gefälle ist die Sohle des Entwässerungsgrabens durch Pflasterung oder sonstwie zu versichern. Die Anlage ist an geeigneten Stellen, so insbesondere am unteren Ende durch Grundschwellen zu stützen; auch stützt sich nicht selten der Entwässerungsgraben (Hauptgraben) in seinem untersten Teile an ein Parallelwerk,

welches der zu entwässernden Lehne als Fußversicherung dient, wobei naturgemäß für den ungehinderten Abfluß der abgeleiteten Wässer Sorge getragen werden muß. Offene Gräben kommen im Hinblick auf die Gefahr der Verschüttung oder Beschädigung seltener in Anwendung.

Eine besondere Art der Entwässerung können Horizontalgräben bilden, deren Anlage oft empfohlen wird. Sie durchziehen die Lehne horizontal, ununterbrochen zumeist, und sollen das Meteorwasser im Abflusse über die Lehne aufhalten. Ihre allgemeine Anwendung kann jedoch im Hinblick auf den Kostenpunkt und auf den Umstand, daß das Wasser zum Stagnieren veranlaßt wird und so in etwa vorhandenen lockeren Boden einzudringen und dann vielleicht zu unterwühlen vermag, nicht empfohlen werden.

Entwässerungen werden auch dann mitunter erforderlich, wenn es sich um die Vermeidung der Gefahr von Bergstürzen oder größeren Steinschlägen handelt, falls diese auf die Frostwirkung oder Unterwühlung des in das Gestein eindringenden Wassers zurückzuführen sind. Mit ihnen Hand in Hand gehen dann nicht selten Untermauerungen des zum Sturze bereit liegenden Gesteines.

5. Die Lehnenbindungen. Sind die Grundursachen, welche die Terrainbewegung hervorrufen, als Erosion, Korrosion, Unterwühlung, durch die vorangeführten baulichen Maßnahmen behoben, so kann, wenn dies noch nötig fallen sollte, zur oberflächlichen Bindung des Terrains geschritten werden. Es erfolgt dies durch Verflechtung, Plaggadierung, in seltenen Fällen durch Abpflasterung, durch Herstellung von sog. Berauhwehren und auf mancherlei andere Weise.

Die Verflechtung ausgedehnter Flächen ist eine in der Regel ziemlich kostspielige Maßnahme und soll, wenn nicht unbedingt nötig, vermieden werden. Ihr, sowie andern Bodenbindungsarten geht gewöhnlich das Planieren (Skarpieren) des Bruchterrains voraus. In vielen Fällen wird man sich mit der Entfernung der größern Steine aus der Bruchfläche, deren Wasserrisse auf tunlichst primitive Weise gegen weitere Erosion versichert werden, begnügen können. Nach Herstellung möglichst einfacher Terrassen wird das am vorteilhaftesten aus ausschlagfähigen Pflöcken und Flechtmateriale zusammenzustellende einfache Flechtwerk in am besten horizontal verlaufenden Reihen errichtet, wobei die Arbeit grundsätzlich von unten nach oben hin fortzuschreiten hat. Der Zaun soll behufs Verhinderung seiner Beschädigung durch herabrollende Steine möglichst wenig aus dem Boden hervorragen, oder doch an der Bergseite durch angelegtes Erdreich gedeckt werden.

Bei Anwendung von Rasenplaggen wird die Lehne entweder vollkommen mit diesem Materiale bedeckt, oder es ist dasselbe schachbrettförmig angeordnet; die so freibleibenden Stellen werden bepflanzt. Die Anwendbarkeit dieser Methode ist eine beschränkte. Ebenso eignet sich volle Abpflasterung nur für kleine Flächen von besonderer Wichtigkeit. Berauhwehren bestehen in dem Aushub von horizontal verlaufenden kleinen Gräben, in welche ausschlagfähiges Material gesteckt und an der Lehne befestigt wird.

Nach einem von Müller [1]) empfohlenen System werden Rasenplaggen vereinzelt auf der Lehne mit je einem Pflocke befestigt; die Zwischenräume sind zu bepflanzen. Auch die dem Firmamente zugekehrte, gewöhnlich noch beraste Seite der oft überhängenden Bruchwände wird nach Müller durch vereinzelt aufgelegte, mit Pflöcken befestigte Plaggen versichert, verschlagen.

Die weitern Lehnenbindungsarbeiten, als Berasung und Aufforstung, zählen zu den forestalen Maßnahmen, auf die an anderer Stelle zurückgekommen wird. Hervor-

1) F. Müller, „Die Gebirgsbäche und ihre Verheerungen". Landshut 1857.

gehoben sei, daß es stets geboten erscheint, das allenfalls innerhalb der Bruchfläche und an deren Rändern stockende schwere Holz zu entfernen.

Wenn auch nicht als Lehnenbindung, so doch als ein Mittel, welches vor allenfalls abgehenden Steinen, vor Steinschlag zu schützen hat, sind innerhalb der Lehne zu errichtende höhere Flecht- oder auch Schwartling-Zäune anzusehen.

6. Die Schuttkegelsicherungen. Die diesbezüglichen Arbeiten kommen vorwiegend bei den Wildbächen des Hochgebirges, woselbst die Schuttkegelbildung in der Regel eine ausgesprochene ist, in Anwendung. Im allgemeinen kann die Versicherung des Schuttkegels auf zweifache Weise erfolgen, und zwar durch Herstellung eines mehr oder minder festen, stabilen Gerinnes, oder aber durch Schaffung eines Ablagerungsplatzes, in welch letzterem Falle strenge genommen weniger der eigentliche Schuttkegel gesichert, als vielmehr das angrenzende Gelände vor der Schuttkegelvergrößerung bewahrt wird.

Bei Schaffung eines Gerinnes am Schuttkegel sollen die folgenden wichtigsten Gesichtspunkte nicht außer acht gelassen werden.

Das Gerinne soll ein Querprofil erhalten, welches genügend groß ist, um die Wässer des höchsten Standes samt Geschiebe abzuführen. In den Hochgebirgsbächen wird das einfache schalen- oder das trapezförmige Profil gewählt, weil die in der Regel größern Gefällswerte die Abfuhr des Hochwassers sowohl als auch des Niederwassers in einem solchen Profile gestatten. Das Längenprofil des Gerinnes muß ein Gefälle aufweisen, einerseits groß genug, eine ungehinderte Materialabfuhr zu gewährleisten, anderseits nicht zu groß, um der Gefahr der Beschädigung des Baues, namentlich der Sohle desselben, zu begegnen. Die lokalen Verhältnisse lassen bezüglich der Wahl des Längenprofiles in der Regel nicht viel Spielraum. Längenprofil und benetzte Querprofilfläche bedingen die Abflußgeschwindigkeit und die Masse des ungehindert abzufließenden Wassers. Geschwindigkeitswerte von über 4 m pro Sekunde gehören schon zu den bedeutenderen im Hinblick auf die Gefahr der Erosion und Verletzung der Gerinnsohle bei größerer Geschiebeführung.

Die Mündung des Gerinnes in den Rezipienten soll die ungehinderte Abfuhr des Wassers und des Geschiebes gestatten.

Die in der Regel durch ein festes Querwerk gestützte Einmündung soll deshalb tunlichst spitzwinkelig erfolgen. Behufs Vermeidung jedes Rückstaues bezw. Schaffung der nötigen Vorflut soll, was allerdings nicht immer tunlich ist, die Sohle des Gerinnes höher liegen als der Hochwasserspiegel des Rezipienten.

Der Beginn des Gerinnes, dessen Trasse naturgemäß mit Rücksicht auf Abwendung der Gefahr für Ortschaften, Kommunikationen gewählt sein soll, muß gegen die Gefahr der Beschädigung, insbesondere Hinterspülung geschützt sein.

Endlich muß die ganze Anlage allen sonstigen technischen Anforderungen entsprechen. Bei vorherrschenden größern Gefällswerten ist unter allen Umständen die Pflasterung der Sohle in Zement, vielfach aber auch die Unterstützung des Sohlenpflasters durch Grundschwellen bei allenfalls staffelförmiger Ausgestaltung des Längenprofiles der Gerinnsohle geboten. Die beiderseitigen Böschungen sind der größern Stabilität halber tunlichst flach zu halten. Die Ausführung erfolgt nach Art des Schalenbaues und wie dort, von unten nach oben, nach vorhergegangener genauer Trassierung und Profilierung.

Was die Schaffung von Ablagerungsplätzen auf Schuttkegeln anbelangt, so bestehen dieselben aus der Errichtung von entsprechend hohen Fassungsmauern, welche, von der Spitze des Schuttkegels ausgehend, sich an einer entsprechenden Stelle an seinem unteren Ende wieder vereinigen. Diese Vereinigungsstelle ist zu-

meist durch ein Querwerk, eine Talsperre oder Grundschwelle gestützt und von da ab wird der vom Geschiebe entlastete Bach in einem in der Regel auf kurzer Strecke talab gesicherten Gerinne geleitet. Ablagerungsplätze kommen im Hinblick auf ihren denn doch nur problematischen Wert und die Kosten ihrer Ausführung selten zur Herstellung.

§ 9. Die Berasung und Aufforstung. Die erstere soll den Boden oberflächlich binden und gegebenenfalls zur Aufforstung geeigneter machen.

Zur Berasung von Gebirgsböden eignet sich die Esparsette (Hedysarum onobrychis), welche vorteilhaft im Herbste mit Ueberfrüchten gesät wird. Weiters sind zu nennen je nach Lage und Beschaffenheit der Oertlichkeit: die Luzerne, Medicago sativa und media, die Carex-, Poa- und Luzulaarten, das riedgrasartige Rauhgras, Lasiagrostis calamagrostis u. dgl. m. In neuerer Zeit werden wegen ihrer Pfahlwurzelbildung, bezw. besonderer Widerstandskraft gegen Temperaturwechsel gerühmt: die veredelte Platterbse, Lathyrus silvestris und das Flohkraut der Insel Sachalin, Polygonum sachalinense.

Speziell im Gebirge soll die Rutschfläche nur mit einer Handhaue stellenweise aufgelockert werden, und es sind eventuell vorhandene einzelne Grasbüsche, besonders von Alpenrispengras, stehen zu lassen. Vor allem ist es ratsam, den als erste Besiedlungspflanze auf Rutschflächen charakteristischen Huflattich (Tussilago farfara), in höhern Lagen den Alpenlattich (Adenostyles albifrons) wegen der bodenbefestigenden unterirdischen Kriechtriebe möglichst zu schonen.

Was die Aufforstung anbelangt, so kann von diesbezüglichen Erläuterungen hier wohl abgesehen werden, zumal ja jeder Forstmann mit den einschlägigen Arbeiten betraut sein muß. Es wäre hervorzuheben, daß, insoweit es sich um Aufforstung von entblößten und zur Rutschung geneigten Böden handelt, die Erziehung von Niederwaldbeständen ins Auge zu fassen ist, damit einerseits die Aufforstung rascher vollzogen werden könne und damit nicht späterhin durch die Schwere der oberirdischen Hochwaldmasse die Bewegungstendenz des Bodens gefördert werde.

Bei Ergänzung der Aufforstung innerhalb des Niederschlagsgebietes des Wildbaches ist insbesondere darauf zu achten, daß die geeigneten Oertlichkeiten, d. h. die mehr oder minder steilen Einhänge, der Waldkultur zugeführt werden.

Es handelt sich im Wildbachgebiete mehr um die Oertlichkeit des Waldbestandes und um seine Beschaffenheit, denn um die Ausdehnung desselben.

§ 10. Die besonderen Verbauungssysteme. Als besondere Verbauungssysteme, die hier des knappen Raumes wegen nur in Kürze berührt werden können, sind zu nennen:

1. Das System nach Jenny. Dieses besteht in der schalenförmigen Auspflasterung der Bachbettsohle. Vorerst wird jedoch die letztere, die mehr oder minder tief eingeschnitten ist, entsprechend gehoben und erst dann gegen neuerliche Unterwühlung durch die Ausführung der Schale gefestigt. Das Profil der letzteren richtet sich ausschließlich nach den zu erwartenden Hochwasser-Abflußmengen. Das Heben der Bach- oder Runsensohle — zumeist kommt dieses System bei Verbauung von Runsen in Anwendung — wird in einfacher Weise durch gewöhnliche Flechtzäune derart erzielt, daß diese, von unten nach aufwärts fortschreitend, in passenden Abständen in einer von der Tiefe des Gerinnes und der Höhe der einzelnen Objekte abhängigen Anzahl von Etagen errichtet werden. (Siehe des Verfassers „Grundriß der Wildbachverbauung", II. Teil, pag. 110.)

2. Das System nach Schindler[1]). Das sogenannte natürliche Ver-

[1]) A. Schindler, „Die Wildbach- u. Flußverbauung nach den Gesetzen der Natur". Zürich 1889.

bauungssystem nach Schindler ist für sich etwas originelles und beruht in der Schaffung nach oben konvexer Gerinnsohlen, sowie in der fast ausschließlichen Anwendung des gewöhnlichen Holzpfahles als Baumittel. Die Anwendung dieses Systems, selbst in einfachster und auch etwas modifizierter Form, ist bisher eine sehr beschränkte geblieben. (Siehe des Verfassers „Grundriß der Wildbachverbauung", II. Teil, pag. 124).

3. Das Regulierungssystem nach Wolf [1]. Es besteht in der Anwendung der sog. schwimmenden Gehänge, hat sich jedoch in den Wildbächen, der dort vorherrschenden größeren Gefällswerte und besonderen Geschiebeführung halber, nicht bewährt.

4. Das System nach Seeling. Dasselbe ist häufiger und vorteilhafter anzuwenden. Es besteht in der Verwendung von losem, nur mittelst Pflöcken und Draht oder Wieden an den Ufern befestigten Faschinenmateriale. (Siehe des Verfassers „Grundriß der Wildbachverbauung", II. Teil, pag. 364.)

5. Das System nach Serrazanetti [2]. Es besteht in der Anwendung von Drahtgeflecht, zumeist zum Uferschutzbau (Drahtgeflechtsäcke, sogen. Tuben, mit Schotter gefüllt). Genügende Erfahrungen konnten bisher in Oesterreich und soviel bekannt, auch in Deutschland, mit diesem Systeme noch nicht gemacht werden. Der Kostenpunkt fällt jedenfalls sehr in die Wagschale. In Italien ist die Anwendung häufiger.

§ 11. Die wirtschaftlichen Maßnahmen. Von der Berasung und Aufforstung abgesehen, sind im Interesse der Regelung des Regimes der Wildbäche noch manch' andere wirtschaftliche Maßnahmen zu beachten.

Unter Hinweis auf die diesbezüglichen Auseinandersetzungen in des Verfassers „Grundriß der Wildbachverbauung", II. Teil, pag. 253—291, sollen hier nur hervorgehoben sein: die entsprechende Bewirtschaftung der Waldungen; die gefahrlose Bringung und Lagerung der Forstprodukte; die stete Reinhaltung und Räumung der Gerinne, sowie die rationelle Bewirtschaftung der Alpen und Weiden. In letzterer Richtung möchte insbesondere angeraten sein: die Entwässerung nasser Böden; die Kultivierung öden Terrains; die Vermeidung des Einsickerns des Wassers in zur Absitzung geneigten Böden aus Brunnen, Zisternen, Bewässerungs- und Entwässerungsanlagen, aus Nutzwasserleitungen u. dgl. m.

Als von ganz besonderer Wichtigkeit sind auch die ordnungsgemäße Instandhaltung bestehender Wasserbauten, namentlich Wehren; die Vermeidung der Profilsverengungen durch Einbauten jeder Art; die Einführung und Handhabung eines organisierten Flußaufsichts- und Hochwassermeldedienstes; die Ausgestaltung des hydrographischen Dienstes überhaupt u. dgl. m. anzusehen.

In jüngster Zeit ist speziell bezüglich der wasserwirtschaftlichen Nutzung des Waldes manch wertvoller Ratschlag erteilt worden. Im allgemeinen wird vom wasserwirtschaftlichen Standpunkt der Plenter- oder der Femelschlagbetrieb an Stelle des Kahlschlagbetriebes empfohlen. Von besonderer Bedeutung sind der rationelle Nebennutzungsbetrieb, der Holztransport, die Entwässerung des Waldlandes und der Gebirgsmoore, sowie manches andere mehr. Es ist im allgemeinen nicht so sehr der Wald als solcher, sondern die in demselben vorhandene Bodendecke, welche als das beste Mittel der Wasserregulierung im Walde, namentlich im Gebirgs-

---

1) „Mitteilungen über das Wesen und die Erfolge der vom Kgl. Bayrischen Bauamtmann A. Wolf erfundenen Flußregulierungsmethode", von R. Iszkowski. Wochenschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereines. Nr. 8 u. 9. 1888.

2) „Cenni Monografici sulla difesa dei funni, torrenti, canali, secondo il sistema e coi nuovi apparecchi ideati", von Giulio Serrazanetti. Bologna 1899.

walde anzusehen ist. Auf den Schutz der Bodendecke soll die Wirtschaft in erster Linie hinzielen.

Der Wirtschaft im Wohlfahrtswalde sind im Hinblick auf dessen wasserwirtschaftliche Bedeutung gewisse Grenzen gezogen.

Sie einzuhalten, gehört nicht zu den letzten Aufgaben des Hochwasserschutzes.

B. Die Lawinenverbauung.

§ 12. Die Ursachen und die Einteilung der Lawinen. Verschiedene Einflüsse sind es, die den auf den Gehängen angehäuften Schnee in Bewegung setzen und so das Entstehen der Lawinen verursachen. Auf schiefen Flächen findet mitunter schon bei geringem Gefälle, den Gesetzen der Schwere folgend, eine Bewegung des Schnees statt. Dieselbe hängt von der Neigung des Hanges, von der Beschaffenheit und Masse des gefallenen Schnees, von den Witterungsverhältnissen, so namentlich Windströmungen, dann von der Konfiguration, Beschaffenheit der Bodendecke und mitunter auch von Zufälligkeiten ab.

Die Grundursache des Entstehens gibt den Lawinen in der Regel auch ihren Charakter. So werden die Lawinen nach Coaz [1]) in Staub-, Grund- und Oberlawinen geteilt, zu welchen noch die Gletscherlawinen gezählt werden können. Staublawinen entstehen, wenn es bei kalter Witterung stark schneit. Die große Masse des leichtflügigen Schnees gerät dann auf steilen waldlosen Hängen wie eine Schichte Sand in Bewegung und reißt die übrige Schneemasse mit sich fort. Der feine Schnee wird vom Winde getragen, der schwerere bewegt sich am Boden. Die Luft wird komprimiert und strömt als Orkan, dessen Wirkung zumeist eine größere ist als jene der Lawine selbst, dieser voraus zu Tale. Solche Lawinen brechen gewöhnlich schon während des Schneefalles ab, oder sie werden nachträglich durch Windströmungen veranlaßt.

Der bei mäßiger Kälte gefallene Schnee ist naß, massig, schwer und hängt an dem Boden ziemlich fest an. Größere Massen solch frisch gefallenen Schnees rutschen viel eher ab oder sind bei mäßig warmer Temperatur noch zu locker, um nicht von selbst in Bewegung zu geraten. Dieser Schnee bleibt aber mehr massig beisammen, zerstiebt nicht, übt daher auch keinen so großen Druck auf die Luft aus wie derjenige der Staublawine. Die Schnelligkeit der letzteren ist vermöge der Reibung, vermöge der Hindernisse an der Gleitfläche, eine verhältnismäßig geringe, ihre Wirkung eine räumlich beschränkte. Solche Lawinen heißen Grundlawinen, Schlag-, Schlaß- oder Schlessemlawinen.

Wenn auf die Firnkruste des gefrorenen alten Schnees frischer Schnee fällt, und dieser dann auf der glatten Gleitfläche in Bewegung gerät, so wird von Oberlawinen gesprochen.

Gletscherlawinen dagegen entstehen, wie schon der Name sagt, wenn sich am Ende eines Gletschers bedeutende Eismassen loslösen, über steile Hänge stürzen, dabei in kleine Eisteilchen zerstieben und in Form einer Staublawine insTal stürzen. Abrutschende Schneemassen endlich oder Lawinen von kleinem Umfange werden als Schneerutschen bezeichnet.

Um die Ursachen der Lawinenbildung kurz zu berühren, ist zunächst hervorzuheben, daß die Neigung des Hanges, wenn auch nicht immer als ausschlaggebend, so doch als maßgebend angesehen werden muß.

Unregelmäßiges Gefälle ist der Lawinenbildung weniger günstig, als regelmäßiges.

---

1) S. Coaz, „Die Lawinen der Schweizer Alpen". Bern 1888.

Ein terrassierter Hang kann das Entstehen von größern Grundlawinen verhindern. Das gleiche gilt von sanft verlaufenden Mulden, in welchen sich größere Schneemassen anzusammeln vermögen. Muldenförmiges, abschüssiges Terrain dagegen ist der Lawinenbildung förderlich, weil durch das sich am Muldengrunde ansammelnde Schmelzwasser der Schnee leicht in Bewegung gerät.

Eine hervorragende Rolle spielen die Masse des gefallenen Schnees und die herrschenden Witterungsverhältnisse. Während die Staublawinen zu Beginn und während des Winters am häufigsten zu beobachten sind, gehen die Grundlawinen zumeist zu Ende des Winters oder zu Beginn des Frühjahrs, zur Zeit der Schneeschmelze, und zwar gewöhnlich innerhalb eines Zeitraumes von 14 Tagen ab. Ein zur Zeit der Schneeschmelze eintretender Regen befördert den Abgang von Grundlawinen ganz besonders. Oberlawinen bilden sich zumeist während der Monate Dezember, Januar und Februar. Bei ruhigem Wetter hält sich der Schnee bis zu einer bedeutenden Schichte am Hange; bei stürmischer Witterung rutscht er schon bei geringer Schichtenhöhe. Je bewegter die Luft, desto leichter entwickeln sich daher die Lawinen, insbesondere die Staublawinen. Das Ueberspringen des Windes von einer in eine andere Richtung soll das Anbrechen von Lawinen ganz besonders begünstigen.

Der Grad der Sonnenwärme zur Zeit der Schneeschmelze ist von hervorragendem Einfluß auf den Abgang von Lawinen. Die Südabhänge mit direkt einfallenden Sonnenstrahlen sind daher der Lawinenbildung günstiger als die Nordabhänge. Wegen der sich auf der Sonnenseite des Gebirges leichter bildenden Firnkruste treten dort Oberlawinen häufiger als auf der Schattenseite auf. Bei windstillem Wetter und kräftigem Sonnenschein fällt die Zeit des Lawinensturzes nach Coaz auf die ersten Nachmittagsstunden, je nachdem der Hang etwas früher oder später von den Sonnenstrahlen getroffen wird. Bei Südwind, Scirocco, halten sich die Lawinen an keine Zeit mehr. Im Hochgebirge fallen übrigens Lawinen nicht selten bei jedem neuen Schneefall, selbst mitten im Sommer. Es wird auch beobachtet, daß Lawinen zumeist bei heiterer Witterung, seltener bei bewölktem Himmel abgehen, weil bei heiterer Witterung, namentlich morgens, Kälte eintritt, der Schnee, d. h. die Eisfäden, welche ihn an die Bergseite festhalten, sich zusammenziehen, brechen und die Bewegung der Massen herbeiführen. Quell- und Sickerwässer, dann die Schmelzwässer durchfeuchten die untere Bodenschichte bis zur Sättigung und vermindern im Abwärtsgleiten auf der Trennungsfläche die Reibungswiderstände dortselbst. Sie sind sonach der Bildung von Grundlawinen förderlich.

Die geologischen Verhältnisse des Grundgesteines sind weiter sehr einflußnehmend. Die kristallinischen Massengesteine sind bei gleicher Steilheit des Hanges der Lawinenbildung weniger günstig als die kristallinischen Schiefergesteine, z. B. Glimmerschiefer, Flysch usw. Stark in Verwitterung begriffenes Gestein ist der Bildung von Grundlawinen förderlicher als festes, obzwar große Steine und Felsblöcke mitunter gute Hindernisse dem Lawinenabgang bieten. Gefährlich, und zwar im Hinblick auf das Abgehen von Grundlawinen, sind steile, mit Quell- und Sickerwässern durchtränkte Schichtenseiten, auf welchen die Bodenschichte stets feucht und im gefrorenen Zustand auch schlüpfrig bleibt. Die Seite der Schichtenköpfe mit rauher Oberfläche ist der Lawinenbildung, wenn nicht besonders starkes Gefälle vorhanden, weniger günstig.

Von Einfluß auf die Lawinenbildung ist die Beschaffenheit der Vegetationsdecke. Geradstämmiger, dichter, nicht zu alter Wald bietet die meisten Hindernisse. Weiden-, Krummholz, Erlen-, Jungbuchen- und Junglärchenbestände können infolge

ihrer Elastizität die Bildung von Lawinen nicht immer und nicht überall verhindern. Rasen ist dem Abgleiten des Schnees günstig. In den über der Waldvegetation gelegenen sogenannten „Bergmähdern" mit oft 40—50 Grad Neigung sind Lawinen am meisten zu beobachten. Insbesondere treten dieselben gerne im zweiten Winter dort ein, wo die Ernte nur jedes zweite Jahr erfolgt. Im ersten Winter nach der Heuernte geben nämlich die steifen Grasstoppeln noch einigen und zwar mehr Halt, als das lange und schlüpfrige Gras des zweiten Jahres.

Unter den Zufälligkeiten, welche die Lawinenbildung begünstigen können, ist das Abfallen von Eiszapfen, Steinen, Aesten und namentlich von Schneeschildern und Schneewächten, wie solche sich nicht selten an scharfen Gebirgsrücken, vorstehenden Felspartien etc. bilden, zu nennen. Wird der Fuß einer Schneewand von einem Bache unterwaschen, oder unterbricht eine Quelle oder sonst ein Umstand den Zusammenhang der Schneemassen, so wird das Entstehen der Lawinen begünstigt. Hinsichtlich zufälliger Erschütterung wird auch darauf verwiesen, daß die Landbevölkerung nicht selten sogar das Glockengeläute als Lawinen-Erreger fürchtet.

§ 13. Die Lawinenverbauung. Im Anbruchgebiete einer Lawine ist die Gewalt der in Bewegung geratenen Schneemassen zumeist eine noch so geringe, daß man gewöhnlich mit unbeträchtlichen Mitteln helfend eingreifen und die Ursachen der Bildung, insbesondere von Grundlawinen, nicht selten durch zweckentsprechende Maßnahmen beheben kann.

Schwieriger ist es, Staublawinen und wohl auch Oberlawinen in ihrem Entstehen und ihren Wirkungen zu bekämpfen. Im allgemeinen kann man Bauten zur Festigung und Bindung der Lawinen in deren unmittelbarem Anbruchgebiete, dann Bauten, die eine Ableitung der Lawinen bezwecken, und solche, die ausschließlich zum Schutze einzelner Objekte errichtet werden, unterscheiden. Nach Maßgabe des verfügbaren Materiales können die einzelnen Werke ausschließlich aus Holz, aus Holz und Eisen oder aus Stein hergestellt werden. Endlich können die Verbauungsanlagen noch in dauernde und in vorübergehende unterteilt werden. Die ersteren, für welche der Steinbau zunächst zu berücksichtigen kommt, sind in jenem Anbruchgebiete auszuführen, wo die Bodenverhältnisse oder die Höhenlage eine Bewaldung ausschließen, während dort, wo eine Aufforstung noch möglich ist und gleichzeitig auch veranlaßt wird, den Bauten der Charakter provisorischer Anlagen zufällt, die nach einer bestimmten Zeit durch den heranwachsenden widerstandsfähigen Holzbestand ersetzt werden sollen.

§ 14. Mittel zum Abbaue der Lawinen im Anbruchgebiete[1]). 1. Allgemeines. Als Maßnahmen zum Abbaue der Lawinen im Anbruchgebiete sind alle jene anzusehen, welche die Reibung zwischen Schnee und Unterlage vergrößern, sowie ein Abtrennen oder Abrollen losen Schnees verhindern.

Als ein Lawinenbildung hinderndes Mittel gilt dichter, geradstämmiger, nicht zu alter Wald, während, wie bereits an anderer Stelle hervorgehoben, steile Weideflächen, Wiesen, Felshänge, Mulden, Runsen und Tobel, sowie auch Krummholz-, Erlen-, Jungbuchen- und Junglärchenbestände u. dgl. infolge ihrer Elastizität die Bildung von Lawinen nicht immer und überall verhindern können.

Es ist ein naheliegendes Mittel, durch Aufforstung der Anbruchgebiete die Bildung von Lawinen zu verhindern. Damit jedoch an solchen Stellen das Fort-

1) „Ueber die Lawinen Oesterreichs und der Schweiz und deren Verbauungen"; dann „Ueber den Schnee im Gebirge": von Vinzenz Pollak. Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architektenvereins. Wien 1891.

kommen von Kulturen überhaupt ermöglicht wird, sind bis zur Kräftigung derselben weitere Mittel in Anwendung zu bringen. Sie dienen dazu, die Bewegung des Schnees zu verhindern, welche einerseits den Anlaß zur Lawinenbildung gibt, andererseits die zarten Pflanzen leicht entwurzelt. Diese Mittel sind: Verpfählungen, Schneebrücken und Schneefänge.

2. Die Verpfählungen. Die Verpfählung glatter Flächen besteht darin, daß Rund- und Spaltholzpflöcke in einer Länge von 1,6—2,0 m nach entsprechendem Vorbohren etwa zur Hälfte in den Boden getrieben werden. Die Pfähle stehen meist reihenartig mit einer Pfahldistanz von 0,6 m und einer Reihendistanz von einem oder auch mehreren Metern. Diese Anlagen erfüllen den bescheidenen Zweck dem sie dienen, bei nicht zu bedeutenden Schneehöhen und nicht zu trockenem körnigen Schnee gut, doch ist das Ausrutschen von Schnee aus den Lücken oder oberhalb der obersten Pfähle beobachtet worden.

Abbildung 34.

Abbildung 35.

Nicht zu hoch oberhalb der Pfähle abreißende Schneemassen gehen entweder zerteilt zwischen den Pfählen durch oder rutschen, wenn die Pfähle im Schnee stecken, darüber hinweg, dabei wohl auch Schäden verursachend.

Pfähle bis zu 0,3 m Entfernung geschlagen, kommen als geschlossene Pfahlreihen oder auch Pfahlwände hie und da zur Anwendung.

Bald nach dem ersten größeren Schneefall zeigen sich jene Stellen, wo die Pfähle zu wenig Boden fassen konnten, indem sie durch den Schneedruck aus ihren Lagen gebracht werden.

Im allgemeinen soll man solche Verpfählungen, sowie Holzwerke überhaupt, über der Waldgrenze nur anwenden, wenn eine Aufforstung möglich ist und die ersteren daher nach genügender Erstarkung letzterer nicht mehr erneuert zu werden brauchen, was je nach Höhe und Lage 15—25 Jahre dauern kann. Während dieser Zeit sind die Pfähle je nach Stärke und Güte 1—3mal zu erneuern.

In minder steilen Lagen und bei geringer Bodentiefe lassen sich mit Vorteil 3seitige Pyramiden, welche aus Pfählen hergestellt sind, wobei die Pfähle am Kopfe durch einen hölzernen oder eisernen Bolzen und Eisenring zusammengehalten werden,

verwenden. Die Bockfüße können noch überdies mittelst Querbändern untereinander verbunden und versteift werden. Alle einzuschlagenden Pfähle sind zuzuspitzen und anzukohlen.

Eine zweite Art der Verbauung besteht darin, daß man die Pfähle in unterschiedlich langen Reihen aufstellt, beziehungsweise 30—60 cm tief in den Boden einschlägt und dann mit alten Stangen, Ast- und Abraumholz verflicht, Abb. 34 und 35. Es genügt, wenn diese 4—10 m langen Pfahlreihen in Abständen von 6—15 m in horizontalen Linien ober- und unterhalb der Anbruchstelle derart errichtet werden, daß stets über einen Zwischenraum der untern Reihe ein Flechtwerk in der obern Reihe zu stehen kommt.

3. Die Schneebrücken und Schneefänge. Sind kleine Rinnen oder Gräben zu verbauen, dann werden sog. Schneebrücken, Abb. 36, angebracht.

Abbildung 36.

Abbildung 37.

Eine Schneebrücke besteht aus einem über den Graben gelegten Stammstück, ähnlich dem Tragholz einer Brücke, welches an den beiden Auflagern durch vorgeschlagene Pfähle befestigt wird. In Abständen von 20—30 cm werden an dieses Stammstück gegen den Hang gestellte Stangen befestigt. Bei großer Spannweite wird dasselbe auch noch durch unterstellte Joche versteift.

Die Form eines einfachen Schneefanges ist in Abb. 37 dargestellt. Ein solcher besteht aus Säulen und Querhölzern, die im Anbruchgebiet zur Aufstellung kommen. Stärkere Schneefänge sind entweder aus Altschienenständern mit Altschwellen oder Holzriegeln, dann in fester Holzkonstruktion oder aus Trockenmauerung hergestellt.

Diesfällige Anlagen sind in den Abb. 38—41 ersichtlich. Die in den Abb. 38—40 dargestellten sollen mit Rücksicht auf ihre in der Regel beträchtlichen Herstellungs- sowie Kosten der alljährlichen Erhaltung und Nachbefestigung nur dort Anwendung finden, wo andere Mittel nicht in Betracht kommen können. Schneefänge in Trockenmauerung, bei geringer Stärke 0,6—1 m und Höhe von 1—2 m, Abb. 41, sind mit Erfolg zur Ausführung gebracht worden, ohne daß durch Schneedruck oder Lawinen nennenswerte Schäden an ihnen verursacht worden wären.

Dort, wo man auch Oberlawinen tunlichst vermeiden will, muß als nötige Maßnahme die entsprechend vermehrte Höhe der Mauern und sonstigen Schneefangvorrichtungen ins Auge gefaßt werden. Man hat denn auch in neuester Zeit die Mauern bis zu 2 m hoch angelegt.

Abbildung 38.

Die Mauer- und Schneefanghöhe und der Höhenabstand der Werke muß eine schädliche, also rasche Bewegung der gefallenen oder zusammengewehten Schneemassen unmöglich machen. Der Abstand, welchen man den zu erstellenden Objekten zu geben hat, bildet sonach einen der wichtigsten Faktoren bei Verbau des Anbruchgebietes einer Lawine. Eine theoretische Untersuchung des Gegenstandes ist mit Rücksicht auf die vielfachen, unwägbaren Einflüsse nicht möglich. Zu diesen letzteren sind die Beschaffenheit der Bodenoberfläche, ihre Form und geologische Zusammensetzung, dann der Feuchtigkeitsgrad, die Höhenlage, die Exposition, Beschaffenheit des Schnees usw. zu zählen.

Die Erfahrung gibt jedoch manchen Fingerzeig.

Abbildung 39.

Ein bekannter Fachmann, der eidgen. Forstinspektor Dr. F. Frankhauser [1]), meint, es lasse sich die zurückhaltende Wirkung eines Einbaues durch dessen in

1) „Zur Bestimmung des Abstandes von Einbauten beim Lawinenverbau", von Dr. F. Frankhauser. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, Nr. 1, 1912.

vorhinein zu bestimmende, sogenannte nützliche Breite, a—c Abb. 41, ausdrücken, d. i. die Länge der Horizontalen von der vorderen Oberkante bis zur Lehne gemessen. Die durch diese Linie gelegte Horizontalebene kann wenigstens annähernd als Basis des vom Einbau gestützten Schneefeldes betrachtet werden.

Sie wächst einerseits mit der Höhe des Bauwerkes, andererseits mit der Breite der Terrasse, welche hinter jenem ausgehoben wird.

Abbildung 40.

Abbildung 41.

Die zurückhaltende Wirkung eines Bauwerkes von gegebener nützlicher Breite, so meint Frankhauser weiter, wird sich am Hange verschieden hoch hinauf erstrecken, je nachdem er mit stärkerem oder schwächerem Gefälle ansteigt. Die durchschnittliche Terrainneigung, bei welcher Grundlawinen abgehen, schwankt zwischen 80 bis 120 %. Nach Professor Engler [1]) kann innerhalb dieser Gefällswerte ein Bauwerk die Last der Schneedecke aufwärts annähernd bis zur nämlichen vertikalen Höhe

1) Ueber Verbau und Aufforstung von Lawinenzügen. Von Arnold Engler, Professor am eidgen. Polytechnikum in Zürich. Zentralblatt für das gesamte Forstwesen. 1907.

tragen. Zur Bestimmung des zulässigen größten Abstandes zweier Bauten hätte man somit deren Niveaudifferenz zur nützlichen Breite in Beziehung zu bringen unter gleichzeitiger Berücksichtigung der maximalen Schneehöhe und eines die Reibung der Schneeschicht an der Bodenoberfläche zum Ausdrucke bringenden Koeffizienten. Dieser letztere schwankt jedoch innerhalb so weiter Grenzen, daß es ausgeschlossen erscheint, ihn zahlenmäßig zu fixieren. Auf diesen Umstand weist auch Coaz [1]) hin. Frankhauser gibt über das Verhältnis zwischen der Niveaudifferenz h und der nützlichen Breite b, Abb. 40, welches Verhältnis $\frac{h}{b}$ er als den Vertikalabstandsfaktor oder kurzweg Abstandsfaktor bezeichnet, Erfahrungszahlen an, die je nach Dimensionierung der Anlagen, Neigung des Hanges usw. bei Trockenmauern zwischen 2,0—5,1, bei Bermen mit Pfahlreihen zwischen 3,3—3.6, bei Erdterrassen zwischen 2,7—7,1 schwanken.

Wie Frankhauser richtig bemerkt, lassen sich aus diesen Zahlen noch keinerlei Schlüsse ziehen; immerhin wäre dies bei einer großen Zahlenreihe möglich, weshalb einschlägige Erfahrungen zur Veröffentlichung gelangen sollten.

Die Frage, ob Mauern und ähnliche Objekte, die in der Regel in der Schichtenlinie, also, wenn in längerem Zusammenhange errichtet, wurmförmig verlaufen, freistehend oder im hinterfüllten Zustande bessere Dienste leisten, ist dort, wo keine größern Steinschläge drohen — in welch letzterem Falle Hinterfüllungen vorzuziehen sein dürften, da sie die Mauer besser vor Deformationen schützen —, nach dem dermaligen Stande dahin zu beantworten, daß die nicht hinterfüllten Mauern den Schnee besser zurückhalten dürften. Die vollkommene Lösung muß von weitern Erfahrungen abhängig gemacht werden. Wenn es sich darum handelt, das Entstehen von Schneeschildern, Schneewächten, zu verhindern, — durch deren Abbruch wird nicht selten das Abgehen von Lawinen veranlaßt — so kommen auf scharfen Rücken oder an sonst geeigneten Stellen Schneefänge mit Vorteil in Anwendung.

4. Die Aufforstungen. Bei Lawinenverbauungen, bei welchen es sich um die Instandhaltung umfangreicher Ausführungen handelt, sollen durch Aufforstung mit einer dicht gesetzten, äußerst stämmigen, kräftigen, dem Schneedrucke widerstehenden Pflanzenart nicht nur die Erhaltungskosten wesentlich verringert, sondern es soll außerdem noch eine erhöhte Sicherung erreicht werden, indem der zweckentsprechend dichte Wald das beste Mittel zur Verhinderung der Entstehung von Lawinen ist.

Soll der Wald diesen seinen Zweck erfüllen, so muß er gewisse Eigenschaften besitzen, und zwar: Er darf nicht von offenen Streifen, Wiesen, Bächen, Runsen, Erdriesen u. dgl. nach der Linie des größten Gefälles durchzogen werden, oder größere Lücken aufweisen, auch sollen die einzelnen Stämme in ziemlich dichtem Schlusse stehen. Der Wald darf nicht zu alt werden, indem dann einerseits die Stämme zu weit von einander zu stehen kommen und das Abgehen von Schnee zwischen denselben ermöglicht wird, und andererseits die einzelnen Stammindividuen durch Ueberständigkeit und losen Stand leicht zu Fall kommen können.

Ueberständige, wurzelunsichere Stämme sollten überall entfernt und die entstehenden Lücken nachgeforstet werden. Doch ist es nicht zu verwundern, wenn dort, wo alte Wälder als Schutz gegen fallende Lawinen dienen, die Bedrohten einem massenhaften Entfernen der alten großen Bäume zum Zweck der Neuaufforstung deshalb Widerstand entgegenstellen, weil sie dadurch auf längere Zeit ihres Schutzes

1) „Statistik und Verbau der Lawinen in den Schweizeralpen". Im Auftrage des eidgen. Departements des Innern bearbeitet und veröffentlicht von Dr. J. Coaz, eidgen. Oberforstinspektor, Bern 1910.

beraubt werden. Hier kann wohl nur eine allmähliche, partienweise, wenn auch schwierige Verjüngung zum Ziele führen.

Wenn man unter natürlicher Waldgrenze jene höchsten Lagen im Gebirge versteht, bis zu welcher Höhe unsere derzeitigen Wälder vordringen, so wird in der

Abbildung 42.

Lawinenverbauung mit Trockenmauern.

Mehrzahl der Fälle die Meereshöhe von 1800 m gewöhnlich wenig überschritten. Daß in vielen Gegenden des Hochgebirges, wo früher Wälder bestanden haben, jetzt dieselben verschwunden sind oder deren obere Grenze herabgedrückt erscheint und hauptsächlich den Weideflächen behufs Vergrößerung der Alpenwirtschaft Platz machen mußten, ist bekannt. Die Möglichkeit der Wiederhebung der herabgedrückten Waldgrenze unter Anwendung der richtigen Maßregeln muß jedoch zugegeben werden. Wenn in dieser Richtung nur selten Versuche gemacht werden, so liegt nicht nur

passiver und aktiver Widerstand der um die Schmälerung der Weidegründe besorgten Besitzer vor, es befassen sich auch Forstleute nur ungerne mit einer so schwierigen Arbeit in schneereichen und lawinengefährdeten Lagen, wo von einem Erträgnisse keine Rede sein kann.

Bezüglich der zu Lawinenverbauungen geeigneten Holzarten möchte folgendes erwähnt sein: Reine Lärchenbestände sind für Schneezurückhaltung trotz des raschen Wachstumes gegenüber anderen Nadelhölzern viel zu nachgiebig und elastisch. Selbst schon größere, mehrere Jahre alte Stämme leisten wenig Widerstand und biegen sich unter einem dichten, reichlichen Schneefall oder dem langsam wirkenden Drucke der anwachsenden Schneemassen. Kiefern leiden von Schneebruch viel, stellen sich auch licht, und die Buchen bekommen an Lehnen den bekannten Säbelwuchs, der auf wenig Widerstand in ihrer Jugendperiode hinweist. Deshalb sind die genannten Baumarten allein für die Aufforstung in den Lawinenverbauungen nicht zu empfehlen, ja selbst nicht für Bepflanzung von Bahnböschungen, wo Schnee zurückgehalten werden soll. Die Zirbe ist besonders für Hochlagen eine außerordentlich genügsame, kräftige Pflanze, die sehr leicht Wurzel faßt. Sie ist es insbesondere, die zum Abbaue von Lawinen in den höchsten Lagen empfohlen werden kann. Ihr zunächst reiht sich die geradstämmige Varietät der Legföhre, die Bergföhre.

Nach abwärts zu wäre diesen Holzarten Lärche und noch tiefer Fichte beizumischen.

§ 15. Die Lawinenbauten, die eine Ableitung der Lawinen bezwecken, oder ausschließlich zum Schutze einzelner Objekte errichtet werden. Zu derlei Maßnahmen, welche nur als Palliativmittel anzusehen sind und weniger in das Gebiet der Forsttechnik fallen, sind die Leitwerke, Schutzdämme, Schutzmauern und Ablenkungswerke zu zählen. Um durch derlei Vorkehrungen einen größeren Schneestrom zurückhalten zu können, müssen gewöhnlich bedeutende Mauer- oder Dammhöhen zur Anwendung gelangen, wobei außerdem der zur Ablagerung nötige Raum oberhalb und längs des Baues vorhanden sein muß.

Leitwerke haben gewöhnlich den Zweck, die abgleitenden Schneemassen in eine zweite Gleitrinne abzuleiten, wo sie allenfalls unschädlich nach der Tiefe stürzen. Die Leitwerke können gleichfalls aus Holz oder Stein bestehen und bekommen die Form einer schiefen Block- oder Balkenwand; mitunter werden sie auch aus einer hinreichend hohen Trockenmauer hergestellt, die sich in einer sanften Kurve längs des Hanges bis zu jener Stelle hinzieht, wo die Einleitung der abstürzenden Schneemassen erfolgen soll. Das Leitwerk bildet mit dem aufwärts ansteigenden Terrain die neue Gleitrinne, deshalb muß das Profil derselben dem Umfange der voraussichtlich zum Absturze gelangenden Schneemassen entsprechen, aber auch den genügenden Festigkeitsgrad besitzen, um dem Seitendruck der gleitenden Schneemassen widerstehen zu können. Die Leitwerke können sowohl innerhalb als auch am oberen oder unteren Ende des Lawinenzuges erbaut werden.

Zum Schutze einzelner Objekte, z. B. Alpenhütten, Wohnhäusern usw., haben sich auch entsprechend dimensionierte Steinpyramiden bewährt, deren eine scharfe Kante gegen den Lawinenzug gerichtet ist. Nur dürfen die abstürzenden Schneemassen nicht übermäßig große sein. Dagegen haben sich Gräben oder Terrassen im Anbruchsgebiete als erfolglos gezeigt. Im übrigen enthalten die in der Fußnote 1, Seite 333 zitierten Abhandlungen Pollaks genauen Aufschluß über ausgeführte derartige Bauten und die hiebei zu befolgenden Regeln.

In erster Linie sind die beschriebenen Verbauungen wohl nur als Schutz gegen

den Absturz von Grundlawinen anzusehen; immerhin scheint es als würde die durch die Werke erzielte wellenförmige Oberfläche der Schneemassen auch das Abgleiten der Oberlawinen verhindern, wenigstens sind erfahrungsgemäß in einem verbauten Lawinenzuge noch keine Oberlawinen abgegangen.

§ 16. Die Lawinenstatistik. Das zielbewußte Vorgehen auf dem Gebiete des Lawinenbaues, wie es sich in manchen Staaten bereits als nötig erweist, erfordert die Schaffung einer sich auf gewisse Grundsätze aufbauenden Lawinenstatistik. Die Schweiz besitzt schon seit langer Zeit eine derartige Statistik, und nunmehr ist man auch daran, für sie in Oesterreich die Grundlage zu schaffen. Die von den in Betracht kommenden Behörden zu sammelnden Daten sollen sich beziehen auf:

Gebiet (Land, Flußgebiet, polit. Bezirk),
Art der Lawine (Grund-, Staub-, Gletscherlawine),
Periodizität des Lawinensturzes (jährlich einmal, zweimal, mehrmal),
Zeitraum des Lawinenabganges (Herbst, Winter, Frühjahr),
Ursprung der Lawine (innerhalb oder oberhalb der Waldgrenze),
Höhe des Ursprunges über dem Meere (unter 1500 m, über 3000 m),
Geologische Beschaffenheit des Ursprungsgebietes,
Ausdehnung der Lawine,
Höhe und Beschaffenheit des Schnees,
Angerichteter Schaden,
Gefahrenbereich der Lawine,
Ausgeführte Verbauungen,
Aufforstungen und deren Effekt, sowie manches andere mehr.

Diese Statistik wird sicherlich auch imstande sein, die bis heute gesammelten Erfahrungen über die Bewegung des Schnees, über die Wirkung der Verbauungen zu ergänzen und wird so vielleicht auch der Entwickelung der Theorie des Lawinenverbaues zugute kommen.

IX.

Die Forstbenutzung.

A. Die technischen Eigenschaften der Hölzer.

Von

Wilhelm Franz Exner.

Für die 3. Auflage bearbeitet von Gabriel Janka.

Einleitung. Allgemeine Gesichtspunkte. — Geschichte der einschlägigen Forschung und Literatur. — Einteilung des Stoffes.

§ 1. Die Fachleute stimmen nicht darin überein, welche Eigentümlichkeiten, welche Erscheinungen, welche Verhältnisse im Holzkörper als „Eigenschaften" aufzufassen und unter diesem Schlagwort abzuhandeln seien. Mancher Autor erörtert als „Eigenschaft des Holzes" dessen „inneren Bau", „Gefüge", „Gewebe", „Struktur", „Textur", während derselbe die „chemische Zusammensetzung" keiner näheren Untersuchung wert hält, ein anderer Fachmann beschränkt sich auf „Elastizität und Festigkeit", auf „Dichtigkeit und Feuchtigkeits- oder Wassergehalt" und läßt die Spaltbarkeit, die Farbe, den Glanz, den Geruch ganz außer Betracht. Die Grenzen des Stoffes, welchen man unter obigem Titel behandeln soll, sind aber auch in der Tat sehr diskutierbar.

Wir sind der Ansicht, daß sich jene im Recht befinden, welche den „Bau des Holzes" und die „Chemie des Holzes" als das unmittelbare Ergebnis des Lebensprozesses im Baume dem Pflanzen-Anatomen und -Physiologen zur Erforschung und Erörterung überlassen, hingegen die Eigenschaften als auf der Zusammensetzung des Holzkörpers, mittelbar auf den Lebensumständen des Baumes, beruhende Verhältnisse an und für sich ins Auge fassen.

Die Eigenschaften verhalten sich zur Konstruktion des Holzkörpers etwa wie die Wirkung zur Ursache, wie die Folge zur Voraussetzung.

Die Beziehungen, welche zwischen den Graden der Eigenschaften einerseits und den Modifikationen im räumlichen und stofflichen Aufbau des Holzes existieren, haben sich aber bisher gar sehr unserer Erkenntnis entzogen, und nur äußerst wenig ist in dieser Beziehung wissenschaftlich sichergestellt.

Auch über die Beziehungen der Eigenschaften des Holzes untereinander ist

noch wenig bekannt; Vermutungen, mehr oder minder plausible Annahmen überwiegen die positive, aus Tatsachen oder Versuchsergebnissen hergeleitete Erkenntnis.

Noch dürftiger ist unser Wissen hinsichtlich der Beziehungen zwischen den Eigenschaften und den Methoden der Umgestaltung, Umformung, Bearbeitung des Holzes, sowie der hiezu benützten Hilfsmittel. Sind die Lebensbedingungen für ein Holzgewächs erfüllt, so entsteht die Pflanze und mit ihr der Holzkörper; dieser hat bestimmte Eigentümlichkeiten (Merkmale seiner Gattung) und bestimmbare Eigenschaften (Eigenschaftsgrade). Auf diesen basiert die Verwendungsart und das Verfahren zur Herstellung des Gebrauchsobjektes. Welch interessante Kette von Verhältnissen und Beziehungen, die mit der chemischen Zusammensetzung des Bodens, der Luft und des Samens, Wärme- und Lichtzufuhr jetzt erst beginnt und mit dem fertigen Dachstuhl, der Brücke, dem Möbel oder der Heiligenfigur endet! In dieser Kette sind uns die einzelnen Glieder meistens genau genug bekannt, nur das ist uns ein bisher unerschlossenes Rätsel geblieben, wie sich die Ringe ineinander gelegt und geschlossen haben.

Vorläufig arbeiten jene Wissenschaften ziemlich unabhängig voneinander, die zur Erkenntnis von Tatsachen an einem bestimmten Punkte der Reihe führen.

Pflanzen-Physiologie, Biologie, Anatomie, mit ihren empirischen Schwestern Agrikulturchemie, Standortslehre, Pflanzen- oder Waldbau stehen der Holzproduktion zur Seite und gelangen auf analytischem oder induktivem Wege zu Gesetzen, auf synthetischem oder spekulativem Wege zu Regeln für die Praxis.

Nun kommt die spezielle Xylotomie und lehrt uns die Kennzeichen der Holzarten, indem sie dieselben im Wege des Vergleiches der Produkte ermittelt.

Hierauf folgt die Erforschung der sogenannten ,,technischen'', d. i. der für die Verwendung des Holzes zur Befriedigung von Lebensbedürfnissen belangreichen Eigenschaften. Diese wissenschaftliche Aufgabe hat keinen speziellen Namen, sie ist nahe verwandt mit der Xylotomie und ergänzt sie.

Mit dieser wissenschaftlichen Aufgabe, welche Nördlinger zur Disziplin entwickelt hat, beschäftigten und beschäftigen sich Botaniker, Physiker, Mechaniker, Forstleute und Vertreter der sog. Warenkunde, endlich Technologen, alle von ihrem Standpunkte aus, mit dem ihnen zu Gebote stehenden wissenschaftlichen Apparate und in Verfolgung ihrer spezifischen Zwecke und Aufgaben. Dabei wurde aber nur ausnahmsweise mit Erfolg nach einer Beziehung zwischen der Eigenschaft und den Bedingungen der Entstehung des Holzes gefragt, der naturgesetzliche Zusammenhang der Eigenschaften untereinander, der Eigenschaften mit der Anatomie und Chemie des Holzes aufgedeckt. Der Forstmann sowie der Physiker, der Technologe sowie der Ingenieur gehen jeder ihren eigenen Weg, isoliert, und nur ihr Ziel vor Augen habend. Hier könnte nur durch die Vereinigung von Fachleuten Ersprießliches geleistet werden!

§ 2. Eine kurze Uebersicht der wichtigeren Arbeiten auf unserem Gebiete wird das eben Gesagte bestätigen und die weiteren Darstellungen einleiten.

Parent veröffentlichte in den Mémoires de l'Académie des Sciences in den Jahren 1707 und 1708 Untersuchungen über die Festigkeit der Hölzer der Eiche und Tanne.

Welchen Grad von Genauigkeit man zu jener Zeit für ausreichend hielt, zeigt das Resumé der Arbeit: daß die mittlere Festigkeit der Tanne sich zu jener der Eiche verhält wie 358 zu 300 oder 119 zu 100. Von dem für die technische Verwendung der Rohstoffe im Bauwesen viel wichtigeren Begriffe der Elastizität ist noch nicht die Rede, wurde doch erst durch Young und Tredgold der Begriff des Elastizitäts-Koeffizienten in die Wissenschaft eingeführt.

Eine bemerkenswerte Arbeit rührt von Musschenbroeck her (Introductio ad philosophiam naturalem, Lugduni Batavorum 1762, I. Band S. 409). Dieser Gelehrte glaubte behaupten zu dürfen:

„Der Teil der Bäume, welcher gegen Norden gekehrt ist, wird in der Mehrzahl der Fälle von schmäleren Jahrringen gebildet; die Kälte des Nordens hindert nämlich die Zunahme und die Entwickelung der Vegetation; die dem Süden zugewendete Seite setzt sich dagegen aus breiteren Jahrringen zusammen, — freilich findet zuweilen auch das entgegengesetzte statt. . . ."

„Bei all' meinen Versuchen habe ich die folgenden Resultate gefunden: Die Festigkeit des Kernes des Baumes ist die geringste. . . . Vom Kerne ausgehend ist die Festigkeit im ganzen gegen Norden zu gelegenen Teile geringer, als in dem gegen Süden exponierten; die Festigkeit in dem westlichen Teile hat einen Mittelwert zwischen den beiden vorangeführten, die größte Festigkeit findet sich aber in dem gegen Osten gelegenen Teile. Wenn man weiters das Holz von der Axe bis zur Peripherie verfolgt in der Richtung der vier Weltgegenden, so findet man das festeste Holz an einer mittleren Stelle, die zwischen Rinde und Mark liegt, und die dem Splint zunächst gelegene Partie des Holzes übertrifft jenes bedeutend an Festigkeit, welches dem Kern zumeist genähert ist".

„Die Festigkeit der höheren Teile des Stammes, wo sich die Aeste abzweigen, differiert von jener der dem Boden benachbarten fast nicht, auch gibt es keine derartigen Unterschiede zwischen dem Stamm und den Aesten. Ich weiß, daß mehrere Physiker entgegengesetzter Ansicht sind; sie behaupten, der Kern des Holzes enthalte das härteste und festeste Holz und auf gleiche Entfernung vom Kern und um denselben sei es von gleicher aber schwächerer Kohäsion, der Splint endlich sei die schwächste Partie; ich aber führe einfach das an, was mich die Versuche mit unseren Bäumen gelehrt haben."

„Es gibt einen von der Natur des Bodens bedingten Unterschied. Die Bäume, welche auf einem sandigen Boden erwachsen, sind gebrechlicher, während die auf einem thonigen Grunde stehen, zäher sind. Das grüne, frisch gefällte ist fester als das gleiche Holz im getrockneten Zustande".

Die Arbeit Musschenbroecks basiert, obwohl sie, besonders was die Verschiedenheiten der Festigkeit in einem und demselben Baume betrifft, eine der vollständigsten in der ersten Periode der wissenschaftlichen Bestrebungen auf diesem Gebiete darstellt, auf einer nicht so großen Zahl genügend überzeugender Versuche, um die oben angeführten Folgerungen sicher zu stellen. Dies scheint der Autor auch gefühlt zu haben, denn er sagt selbst in seinem Buche: „Vielleicht habe ich nicht alle Umstände beachtet, welche auf die Festigkeit der Hölzer Einfluß nehmen."

Der berühmte Naturforscher Buffon hat sich ebenfalls mit den mechanischen Eigenschaften des Holzes beschäftigt, doch ist wohl zu beachten, daß sich die Arbeit Buffons, obwohl sie nach einem sehr großen Maßstabe durchgeführt wurde, nur auf Eichenholz bezieht, was also ausschließt, die von Buffon gezogenen Schlüsse, selbst wenn sie vollständig erwiesen wären, auf andere Holzarten anzuwenden.

In den Oeuvres de Buffon, tome I, finden sich folgende Behauptungen, die hier ihren Platz finden sollen.

S. 10. „Das junge Holz ist weniger fest, als das ältere; ein dem Fuße des Baumes entnommener Barren widersteht mehr als ein dem Gipfel desselben Baumes entnommener; ein an dem Umfang des Baumes nahe dem Splint gewonnener Barren ist weniger fest, als ein gleiches aus dem Mittelpunkte des Baumes herrührendes Stück. Ueberdies modifiziert der Grad der Austrocknung sehr dessen Widerstandsfähigkeit; das grüne Holz bricht viel schwerer, als ein trockenes."

S. 18. „Das Holz, welches auf einem gewissen Boden am schnellsten erwächst, ist das festeste; jenes, welches langsam erwachsen ist und bei dem die Jahrringe sehr schmal sind, ist schwächer als das erstere."

„Ich habe gefunden, daß die Festigkeit des Holzes seinem Gewicht proportional ist, folglich daß ein Stück, welches gleiche Abmessungen wie ein anderes hat, aber schwerer ist, auch beiläufig in demselben Verhältnisse fester sein wird."

S. 27. „Die Dichte des Holzes nimmt vom Zentrum gegen den äußersten Umfang des Splintes hin nach einer arithmetischen Progression ab. . . . ."

„Das Holz vom Fuße des Baumes wiegt mehr als jenes vom Stamm aus der Mitte seiner Höhe, und dieses wieder wiegt mehr als jenes vom Gipfel, und zwar nahezu nach einer arithmetischen Progression, welche vom Wachstum des Baumes abhängt. Es gibt eine Zeit, zu welcher das Holz in der Mitte und am Umfange des Kernes nahezu gleiches Gewicht haben, und das ist

jene Zeit, in welcher das Holz in seiner Vollendung (Reife) ist (diese Beobachtungen wurden an Bäumen im Alter von 40 bis 46 Jahren gemacht); aber bei 100- bis 110jährigen Bäumen war der Kern nicht mehr der solideste Teil des Baumes; der Splint ist schwerer und fester in den alten als in den jungen Bäumen."

Im Jahre 1870 erschien das oft zitierte Werk: Traité de la conservation et de la force des bois von Duhamel du Monceau. Demselben sind folgende Thesen zu entnehmen:

S. 50. „Man soll trockene Hölzer anwenden. . . ."

S. 56. „Das Holz bedarf jedoch einer kleinen Menge Feuchtigkeit, damit es hart sei, woraus ich schließe, daß zu trockene Hölzer nicht gute Dienste zu leisten vermögen."

S. 65. „Das Holz, das man dem Fuße des Baumes entnimmt, ist schwerer als jenes vom Gipfel."

S. 71. „Das grüne Holz muß ein Dritteil seines Totalgewichtes verlieren, um für so trocken zu gelten, daß es sich so verhalte, wie ein Hygrometer."

S. 264. „Es scheint, daß die Extraktion des Saftes die Festigkeit des Holzes nicht vermindert, nachdem der Saft die Festigkeit, welche von der Anzahl und Stärke der Fasern abhängt, auch nicht zu steigern vermag. Der Saft macht die Holzfaser geschmeidiger und geneigter, zu brechen."

S. 378. „Es ist ferner eine erwiesene Tatsache, daß die Jahrringe von Mastbäumen ausgezeichneter Beschaffenheit, welche in einem sehr kalten Lande erwachsen sind, schmäler und daher näher aneinander gerückt sind."

S. 411. „So lange die Bäume kräftig und in lebhaftem Wachstum begriffen sind, ist das Kernholz das dichteste, und in den dicken Bäumen, welche anfangen in die Rückbildung einzutreten, ist das Kernholz oft leichter als das Reifholz (la couronne, qui est entre le coeur et la circonférence); folglich gewinnt das Holz nach und nach seine Dichte und verliert an derselben, nachdem es das Maximum derselben erreicht hat."

S. 438. „Die Bodenarten, welche die geeignetsten sind zur Bildung schöner Bäume, sind nicht jene, welche das Holz bester Qualität hervorbringen."

S. 458. „In diesen starken Fichten (Pins du Nord von beiläufig 260 Jahren) ist das festeste Holz jenes, welches sich in der fünften ringförmigen Zone befindet, vorausgesetzt, daß man die Querschnittsfläche einschließlich Splint in sechs gleich breite Ringe teilt; aber man begreift, daß dies zufolge von Umständen Aenderungen unterliegt."

Die drei Autoren, welche wir nun zitiert haben, sind fast die einzigen, welche sich mit den in ein und demselben Baume auftretenden Unterschieden von Dichte und Festigkeit und mit dem Einflusse der Bodenbeschaffenheit auf diese Eigenschaften befaßt haben. Die Widersprüche in ihren Ansichten ließen diese großen Fragen als unentschieden bestehen. Die Divergenz der Auffassungen ist vielleicht der geringen Gleichförmigkeit und Genauigkeit zuzuschreiben, welcher die Bruchversuche unterworfen waren.

Die Untersuchungen, welche Duhamel über den Einfluß der Spaltbarkeit und des Verhältnisses zwischen der Zusammendrückung und Ausdehnung der Fasern auf den Totalwiderstand von der Biegung unterworfenen Körpern angestellt hat, können hier übergangen werden.

Erst die Autoren späterer Perioden haben sich dem Studium der Elastizität gewidmet.

Girard (Traité de la résistance des solides 1798, p. 183) schließt aus dem Gange seiner Versuche, und zwar in Uebereinstimmung bezüglich dieses Punktes mit Perronet (Oeuvres de Perronet, 1782, Tome I, Mémoire sur les pieux et pilotis, page 93), daß sich die Elastizität der Eiche verhält zu jener der Tanne wie 63 : 47, und er sagt weiters (p. 159), daß die kontinuierliche gleiche Belastung die Pfeilhöhe der Durchbiegungskurve vergrößere, was, nach seiner Ansicht, nicht der Fall sein könnte, ohne daß die Elastizität sich ändern und in jedem Augenblick einen gewissen Teil ihrer Energie einbüßen würde.

Schon im Jahre 1782 und am Beginne des vorigen Jahrhunderts haben einige anerkannte Männer der Wissenschaft auf experimentellem Wege für eine große Zahl von Holz-Arten und -Vorkommen die Dichte, die Festigkeit und den Elasti-

zitäts-Koeffizienten bestimmt. Es sind zu nennen: Bélidor (Architecture hydraulique 1782), Rondelet (Art de bâtir), Barlow (Essay on the strength of timber 1817), Ebbels u. Tredgold in verschiedenen Werken.

Charles Dupin hat im Journal de l'Ecole polytechnique, tome X, 1815 eine große Arbeit über die mechanischen Eigenschaften des Holzes veröffentlicht (Expériences sur la flexibilité, la force et l'élasticité des bois). Dupin untersuchte die Natur der elastischen Kurve, die Lage der neutralen Schichte (fibre invariable), er berichtigte die Formeln, welche die Beziehungen der Abmessungen der Stücke und der angewandten Belastungen zu den erzeugten Durchbiegungen ausdrücken.

Er bewies S. 142, daß „die Durchbiegungen der Hölzer, welche durch sehr kleine Gewichte hervorgebracht werden, diesen Belastungen proportional sind", und S. 150 folgert er aus einem die Versuche mit Eichen-, Zypressen-, Buchen- und Tannenholze enthaltenden Tableau, daß „die spezifischen Gewichte gleichzeitig, aber in viel geringerem Grade mit dem Widerstande gegen Durchbiegung zunehmen."

S. 194 bemerkt Dupin, daß „die Kräfte, die man anwenden muß, um die Hölzer dem Bruche zuzuführen, in keiner notwendigen Relation zu den Kräften stehen, welche die Durchbiegung der Hölzer hervorrufen."

„So setzten einige Holzarten der Biegung einen sehr geringen, dem Bruche einen großen Widerstand entgegen; solche sind die Rotbuche, der Nußbaum, die Ulme, die Tanne etc. Einige Arten widerstehen im Gegenteile sehr stark der Biegung und viel weniger dem Bruche, z. B. die Zypresse, das Mahagoni etc. Andere endlich bieten gleichzeitig großen Widerstand dem Bruche und der Biegung dar, hieher gehören die korsische Föhre und die Eiche."

Diese Klassifikation führt Dupin dazu, die beste Anwendung dieser verschiedenen Holzarten in der Praxis anzugeben.

Bevan befaßte sich vornehmlich mit der Bestimmung des Elastizitäts-Moduls im Wege der Torsion (Philosophical transactions, 1829).

Savart bediente sich der durch Tonschwingungen auf Holzplatten hervorgerufenen Knotenlinien, um die Unterschiede der Elastizität und die Lage ihrer Achsen zu ermitteln. Diese Platten waren aus einem Stücke Rotbuchenholz nach verschiedenen Richtungen herausgeschnitten worden.

Er bemerkt S. 404 seiner in den Mémoires de l'Académie des Sciences 1830 publizierten Arbeit, daß „die Hölzer, bei denen die Jahrringe nahezu zylindrisch und konzentrisch sind, eine nach allen Radien in jedem zur Axe senkrechten Schnitt auffallend gleiche Elastizität besitzen".

S. 417. „Jeder Stab kann bei derselben Art der Einteilung, je nachdem die Schwingungen nach der Breite oder Dicke erfolgen, zwei Töne zum Vorschein bringen, aber man kann den Unterschied zwischen diesen Tönen, als sehr geringfügig, vernachlässigen, wenn jene Abmessungen sehr klein sind."

Savart nimmt drei Achsen an: Die erste, parallel zu den Fasern, die zweite im Sinne des Radius und die dritte tangential zu den Jahrringen. Er fand durch Versuche, die er mit kleinen im Sinne dieser drei Achsen dem Stamme entnommenen Barren angestellt hat, daß, wenn man den Widerstand gegen Biegung im Sinne der Tangente als Einheit annimmt, jener im Sinne des Radius 2,25, jener im Sinne der Faserrichtung 16 beträgt.

Dieselbe Frage verfolgte Wheatstone, der sich hierüber in den Philosophical transactions, 1833, S. 608 folgendermaßen äußert:

„Wenn man eine Platte so ausformt, daß die Fasern zu einer der Seitenkanten parallel laufen, so sind die Axen der größten und kleinsten Elastizität rechtwinklig zu einander und parallel gestellt zu den anliegenden Seiten". . . .

„Wenn die Platte die Form eines Rechteckes hat, dessen Seitenkanten sich umgekehrt wie die Quadrate ihrer Widerstände gegen Biegungen verhalten, so werden die beiden Arten der Schwingungen parallel zu den Seiten, wiewohl diese verschieden lang sind, isochronisch sein, und ihre Koëxistenz wird eine resultierende Figur liefern, deren Linien parallel zur Diagonale verlaufen."

Man könnte demnach, indem man die diesen Seiten zu gebende relative Länge

durch Versuche ermittelt, das Verhältnis der Elastizitäts-Koeffizienten in zwei auf einander senkrechten Richtungen finden.

Poncelet geht in seinem Werke Mécanique industrielle, 1839, S. 316 in sehr genaue Details über die Elastizität der Hölzer und besonders über Dehnungsversuche mit denselben ein. Er leitet aus den Versuchen von Minard und Désorme und jenen von Ardant ab, daß für die ersten Belastungen die Verlängerungen den spannenden Kräften ausgesprochen proportional sind und rechnet aus diesen Verlängerungen die Elastizitäts-Koeffizienten. Die Elastizitätsgrenze für die Eiche entspricht nach den Versuchen von Minard und Désorme einer Belastung von 2,13 Kilogrammen per Quadratmillimeter und einer Verlängerung von 0,0016 der ursprünglichen Länge. Die analogen Zahlen sind nach Ardant für die Vogesen-Tanne 1,85 Kilogramm und 0,00117. Diese verschiedenen Daten verstehen sich für die Elastizität im Sinne des Fasernlaufes. Poncelet urgiert weitere Versuche über die Elastizität im Sinne der Tangente und der Normale zu den Jahrringen.

Nach Eaton Hodgkinson (Combes, Exploitation des mines. I. Band, S. 550) alteriert eine Verkürzung um 0,0027 der ursprünglichen Länge eines nicht gebogenen Prismas die Elastizität um ein Erhebliches.

Hagen hat die Elastizität mehrerer Holzarten durch Biegung von Stäben, die im Sinne der Fasern und senkrecht auf dieselben genommen worden waren, untersucht und hat keine große Differenz zwischen Kern- und Splintholz gefunden; er hat indessen erkannt, daß der Elastizitäts-Koeffizient bedeutend abnimmt, wenn das Holz sehr stark durchnäßt ist. (Poggendorff's Annalen, LVIII. Band, S. 125.)

Im Jahre 1845 debutierten zwei italienische Physiker, und zwar Paccinotti und Peri (Il Cimento, III. Jahrgang) mit einer äußerst präzisen und detaillierten Untersuchung über die Elastizität der Hölzer, in welcher sie die verschiedenen Methoden zur Bestimmung des Elastizitäts-Koeffizienten untereinander verglichen und auf ihren Wert prüften. Sie operierten nach den drei Methoden auf Zug, Biegung und Torsion mit quadratischen Stäben von 27—36 Millimeter Querschnitt-Seite. Bei den Biegungsversuchen wendeten sie fünf verschiedene Arten der Befestigung beziehungsweise Unterstützung der Stäbe an. Diese Experimentatoren haben sowohl die elastischen als auch die permanenten Verlängerungen, Torsionswinkel, und die verschiedenen Punkten des Stabes entsprechenden Ordinaten des Stabes während dessen Durchbiegung bei wachsender Belastung desselben gemessen. Im zweiten Teile ihrer Arbeit vergleichen Paccinotti und Peri die ziffermäßigen Ergebnisse ihrer Versuche mit jenen Ziffern, die sich unter Anwendung der bekannten Formeln berechnen ließen, und suchen für die von ihnen untersuchten Hölzer eine Relation zwischen der Dichte und dem Elastizitäts-Koeffizienten aufzustellen.

Sie gelangten endlich zu folgenden Konklusionen:

1) „Die Elastizität ermöglicht in den verschiedenen Teilen des Holzes Veränderungen der Dimensionen, w lche nicht bloß den ersten Belastungen, sondern auch jenen, die der Bruchbelastung nahe liegen, proportional sind, vorausgesetzt, daß man dafür Sorge trägt, von den elastischen Veränderungen jene permanenten auszuscheiden, die entweder der Weichheit des Materials oder der Kontinuität der Belastung zuzuschreiben sind".

2) „Die Durchbiegungskurven, welche die an einem Ende fest eingelassenen (eingeklammerten) Hölzer annehmen, weichen unter sonst gleichen Umständen von jenen ab, welche die gleichen Hölzer bilden, wenn sie an beiden Enden unterstützt sind, was man der Reaktion der Fasern in den beiden entgegengesetzten Aesten zuschreiben muß. Indessen kann dieselbe Theorie dazu dienen, um die beiden Arten von Kurven abzuleiten, vorausgesetzt, daß bei der Integration der betreffenden Differentialgleichung auf die gehörige Bestimmung der Konstanten Bedacht genommen werde (deren Größe von dem Grade der Unveränderlichkeit der Einfugung, Einklemmung des Endes des Versuchsstückes abhängig ist)."

3) „Die Unterschiede, die sich bei der Bestimmung des Elastizitäts-Koeffizienten bei demselben zeigen, verschwinden fast vollständig, wenn man mit diesem Ausdrucke den Quotien-

ten $E' = \frac{E}{G}$ bezeichnet, wobei E den gewöhnlichen Begriff des Elastizitäts-Koeffizienten und G das spezifische Gewicht bedeutet."

4) „Der Elastizitäts-Koeffizient E' ist, wiewohl es einige Unterschiede bei den diversen Holzarten gibt, im allgemeinen = 2000 für den Quadratmillimeter Querschnitt."

5. „Man kann den Elastizitäts-Koeffizienten nicht nur durch Zug, sondern auch durch Biegung und Drehung ermitteln, aber man erhält mit diesen verschiedenen Methoden auch verschiedene Werte und, um sie auf eine gleiche Ziffer zurückzuführen, wird man in jedem Falle einen von der Art der Operation abhängigen konstanten Koeffizienten zu bestimmen haben."

6. „Die leichteste Methode zur Bestimmung des Elastizitäts-Koeffizienten besteht darin, den Körper an beiden Enden zu unterstützen und in der Mitte des Abstandes der Stützpunkte zu belasten."

Die Beobachtungen Paccinottis und Peris sind so exakt, als sie es ohne Anwendung des Kathetometers sein konnten. Auch das Gesetz, das unter 1 ausgesprochen ist, stimmt mit jenem überein, das man als für die Metalle gültig hinstellte. Aber es blieb einige Unsicherheit bezüglich der aus den Versuchen abgeleiteten Koeffizienten und des Vergleiches der Methoden untereinander, denn diese Autoren haben es vernachlässigt, den Teil des Baumes, dem die Versuchsstücke entnommen sind, sowie den Feuchtigkeitsgrad der Versuchsstücke zur Zeit der Erprobung in Rechnung zu ziehen. Bekanntlich ist aber die Elastizität nicht in allen Teilen des Baumes dieselbe und sie verändert sich bemerkenswert mit dem Feuchtigkeitsgehalte, und dieser ist in so kleinen Stäben, wie sie die Autoren benützt haben, besonders variabel. Demnach sind die Ergebnisse der Beobachtungen Paccinottis und Peris, welche unter verschiedenartigen Umständen an dem nämlichen Holze, und jene, welche bei diversen Holzarten gewonnen wurden, denn doch nicht ganz vergleichbar untereinander. Es ist ferner zu bemerken, daß nach den bekannten Formeln, welche die Beziehung zwischen dem Elastizitäts-Koeffizienten und der Schallgeschwindigkeit ausdrücken, der von Paccinotti und Peri eingeführte Begriff E' dem Quadrate der Schallgeschwindigkeit proportional sein müßte, woraus folgt, daß, wenn E eine unveränderliche Größe darstellen würde, auch die Schallgeschwindigkeit für alle Arten von Hölzern die gleiche zu sein hätte, was bekanntlich nicht der Fall ist, denn sie schwankt nicht nur mit der Holzart, sondern auch in demselben Baume in den verschiedenen Partien desselben, ja in demselben Versuchsstab mit dem Grade der Trockenheit desselben. Nachdem E im allgemeinen mit dem Grade der Trockenheit wächst, und G bei Feuchtigkeitsabnahme sich verringert, so muß in um so stärkerem Maße E' bei steigender Trockenheit zunehmen.

§ 3. Ueberblickt man die auf unserem Arbeitsfelde bis gegen das Ende der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts gewonnenen Forschungsergebnisse, so findet man, daß die Methode und die Schärfe des Raisonnements zwar große Fortschritte machte, — der wichtigste war jedenfalls die Aufnahme der Untersuchungen über die Elastizität —, aber die Resultate der Untersuchungen widersprachen sich häufig untereinander, die Fragestellung der Autoren ist häufig unsystematisch und ließ empfindliche Lücken, die Einseitigkeit der Autoren ist vorherrschend. In voller Erkenntnis dieser Verhältnisse unternahmen zwei französische Fachleute, ein Forstmann und ein Techniker, Chevandier und Wertheim, eine epochemachende Arbeit. Die Versuchshölzer wurden einem Forstgebiete der westlichen Vogesen entnommen, dessen lokale Verhältnisse den Forschern genau bekannt waren. In dem 4000 Hektar messenden Komplexe fanden sich genügend viele Varianten von Wachstumsbedingungen und Holzarten. Der Auswahl, Beschreibung und Vorbereitung der Versuchsstücke wurde die gleiche weitgehende Sorgfalt zugewendet, wie den Versuchen selbst, für welche alle nötigen Hilfsmittel in befriedigender Qualität zur Verfügung standen. Chevandier und Wertheim publizierten ihre Arbeit, die Frucht

mehrjähriger Anstrengung, welche in einem bis dahin nicht erreichten Grade von Vollkommenheit durchgeführt wurde, im Jahre 1848 als Monographie: Memoire sur les propriétés mécaniques du Bois, nachdem die Ergebnisse schon am 5. Oktober 1846 der Akademie der Wissenschaften in Paris vorgelegt worden waren. Die beiden Autoren bewiesen zunächst im ersten, dem historischen Teile ihres Memoire, dem wir hier bisher gefolgt waren, die Unentbehrlichkeit einer neuen Untersuchung, welche sich mit der Feststellung der allgemeinen Gesetze, mit der Bewegung der mechanischen Eigenschaften in den Individuen und mit jenen Abweichungen derselben, welche der Verschiedenheit der Art, des Alters, der Exposition und der Provenienz zuzuschreiben sind, zu befassen hätte, wobei die theoretischen Untersuchungen unter Rücksichtnahme auf die in der praktischen Verwendung des Holzes auftretenden Verhältnisse komplettiert werden sollten.

Chevandier und Wertheim legten sich folgende Fragen vor:

1. Welche Wirkung übt eine allmählich wachsende Belastung auf die Hölzer aus, nach welchen Gesetzen vollziehen sich die dabei entstehenden Formveränderungen und welche Methoden sind zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der Hölzer verwendbar?

2. Variieren die mechanischen Eigenschaften des Holzes

a) mit der Orientierung, d. h. nach der Lage im Baume in Beziehung auf die Weltgegend;

b) mit dem Feuchtigkeitsgehalte;

c) mit der Lage im Baume, bei gleicher Höhe über dem Erdboden, in Beziehung auf die Entfernung vom Mittelpunkte gegen den Umfang hin;

d) mit der Lage im Baume nach der Höhe über dem Boden?

3. In welchem Verhältnis stehen die mechanischen Eigenschaften des Holzes im Sinne der Fasernlänge und der auf dieser senkrechten Richtungen im Stamme je nach der verschiedenen Höhe über dem Boden?

4. Welchen Einfluß übt das Alter der Bäume aus?

5. Welchen Einfluß zeigen die Jahrringbreite, die Exposition und die Bodenbeschaffenheit?

6. Welche Beziehungen bestehen zwischen den mechanischen Eigenschaften der Hölzer untereinander?

7. Welche Mittelzahlen kann man für die mechanischen Eigenschaften der Hölzer als richtig annehmen und welche Folgerungen ergeben sich daraus für die Praxis?

Mit Beziehung auf diese Fragen stellten Chevandier und Wertheim die Ergebnisse der Arbeiten aller weiter oben zitierten Autoren zusammen und zeigten auf diese Art die bestehenden Widersprüche, endlich stellten dieselben in einer Tabelle die von den beachtenswerten Experimentatoren gefundenen Ziffern einander gegenüber und fanden hierbei, daß die Resultate innerhalb sehr weit auseinander liegender Grenzen schwankten.

Beispielsweise fand man für

	Dichte	Elastizitäts-Koeffizient	Festigkeit
Eiche	0,616 bis 0,993	500 bis 1600	5 bis 12
Rotbuche	0,600 „ 0,811	950 „ 1483	8 „ 12
Tanne	0,443 „ 0,703	611 „ 1615	5 „ 9
Fichte	0,396 „ 0,753	433 „ 1776	4 „ 8

Was immer die Ursache so großer Abweichungen sein mochte, die Tatsache stand fest, daß von diesen Ziffern ein sicherer Gebrauch nicht gemacht werden konnte, und

die Erneuerung der Anstrengungen seitens der fachmännischen Kreise, zu deren hervorragendsten Zierden Chevandier und Wertheim zählten, erscheint als vollkommen gerechtfertigt.

Die Resultate, welche aus den Forschungen der letztgenannten Gelehrten abzuleiten waren, gehören schon in jene Gruppe von Daten, mit denen wir heute noch zu rechnen haben, und die sicher teilweise schon in die Darstellung des gegenwärtigen Zustandes unserer Erkenntnis über den in Rede stehenden Stoff fallen, weshalb sie an dieser Stelle nicht weiter erörtert werden.

§ 4. Außer den mechanischen und physikalischen Eigenschaften — Elastizität und Festigkeit, Dichte und Volumsveränderlichkeit — fanden manche andere Eigenschaften vorübergehend in der Fachliteratur, namentlich der Forstleute, Beachtung. Auch hierin gab ja Duhamel du Monceau ein leider nur zu wenig nachgeahmtes rühmliches Beispiel. Alles zusammengenommen, was, abgesehen von dem bereits hier Erwähnten in der Entwickelung unseres speziellen Stoffes, vor dem Jahre 1850 erreicht wurde, verschwindet im Vergleiche zu der Bedeutung der Nördlingerschen Leistung, weshalb wir gleich ohne weiteren Aufenthalt zu dieser übergehen.

Dr. H. Nördlinger, Professor der Forstwissenschaft und Oberförster zu Hohenheim, der Sohn eines hochgebildeten Forstmannes (Julius Nördlinger), hatte eine umfassende naturwissenschaftliche Grundlage für seinen Beruf erhalten und in dieser selbst schon Bedeutendes geleistet, als er erkannte, welche enorme Wichtigkeit eine genaue Kenntnis der Hölzer für den Forstmann und den holzverbrauchenden Techniker habe und beklagte, daß „Forstleute selten erfahren, welche Eigenschaften das von ihnen gelieferte Holz gezeigt habe, während Bauleute, Handwerker und Fabrikanten andrerseits an Hölzern Erfahrungen sammeln, zu deren Begründung ihnen der verbindende Faden, nämlich die Kenntnis der Herkunft der Bäume, abgehe. Jeder verfolge seinen Weg ohne den anderen.“ Im Jahre 1847 bewilligten dem Professor Nördlinger die Direktion der Hohenheimer Akademie und das Finanzministerium die Mittel zur Anstellung von Versuchen, welchen er sich mit bewunderungswürdigem Fleiße hingab. Prof. Dr. Reusch und der Assistent Häberle am polytechnischen Institute zu Stuttgart sowie eine große Zahl seiner Schüler unterstützten den begeisterten Forscher. Als Frucht seiner Studien erschien im Jahre 1860 das tonangebend gewordene Werk: „Die technischen Eigenschaften der Hölzer für Forst- und Baubeamte, Technologen und Gewerbetreibende“.

In Beziehung auf die mechanischen Eigenschaften stützte sich Nördlinger auf die für sein Unternehmen rechtzeitig erschienene Monographie von Chevandier und Wertheim. Für alles andere war die gesamte Literatur weniger maßgebend, und er selbst füllte mit wahrem Bienenfleiß die Lücken aus, die sich bei einer universellen Behandlung des Stoffes darboten.

Nördlinger bezog in sein Werk auch die Schilderung des „inneren Baues“ der Hölzer ein, da er hoffte, aus demselben manche Eigenschaft und ihre Schwankungen ableiten oder erklären zu können. Außerdem behandelt Nördlinger Feinheit, Farbe, Glanz und Durchscheinen, Geruch, Wärmeleitungsfähigkeit, Fähigkeit des Holzes, zu dunsten und Wasser oder Dunst einzusaugen, spezifisches Gewicht, Härte, Spaltbarkeit, Schwinden, Quellen, Sichwerfen, Federkraft, Biegsamkeit und Zähigkeit, Festigkeit, chemische Zusammensetzung, Brennkraft, natürliche Dauer und Fehler des Holzes. Diese Inhaltsangabe, ein reiches Durcheinander, zeigt, daß Nördlinger den Stoff weiter umfing als irgend einer seiner Vorfahren. Die Bearbeitung

manchen Abschnittes ward durchaus originell ohne irgend eine Vorarbeit anderer abgehandelt, z. B. die Spaltbarkeit. Ein unsäglicher Fleiß bekundete sich in der Revision der von anderen Fachleuten gewonnenen Daten und in der Umrechnung auf ein einheitliches Maß und Gewicht. Das Nördlingersche Buch muß heute noch, nach mehr als einem halben Jahrhundert, von jedem zu Rate gezogen werden, der gewohnt ist, an der Quelle zu schöpfen. Von den seither erschienenen, mitunter sehr hübsch angeordneten kompilatorischen Abhandlungen über die technischen Eigenschaften der Hölzer fußt jede bis zu einem gewissen Grade auf Nördlinger, keine brachte quantitativ mehr an „neuem Material".

Nördlinger hat auf dem Gebiete der Erforschung der technischen Eigenschaften auch später noch weitere Studien gemacht, und besonderes Augenmerk den mechanischen Eigenschaften der Hölzer zugewendet. Seine diesbezüglichen Resultate publizierte er 1890 unter dem Titel „Die gewerblichen Eigenschaften der Hölzer". Dieses Schriftchen enthält die Ergebnisse seiner Forschungen in gedrängter Kürze, während die Versuchsresultate in den Jahrgängen 1888 und 1889 des „österr. Zentralblattes für das gesamte Forstwesen" enthalten sind.

§ 5. Von den Publikationen des letzten halben Jahrhunderts ist folgende kurzgefaßte Uebersicht zu geben.

Die Errichtung von mechanisch-technischen Laboratorien an technischen Lehr-Instituten bot Gelegenheit zu neuen Studien über die mechanischen Eigenschaften der Hölzer. Die Resultate werden bei der später zu liefernden Darstellung der heutigen Auffassung des Gegenstandes zu verwerten sein. An dieser Stelle sei nur erwähnt, wo und wie diese Arbeiten entstanden sind. Zuerst einige Worte von einem Vorläufer.

Das Science and Art Departement of the Committee of Council on Education in London ließ im Jahre 1867 „Tables of the results of a series of experiments on the strength of british colonial and other woods" drucken, deren Autor und Veranlasser der Königliche Ingenieur-Kapitän Francis Fowke war. Dieser hatte schon während der Pariser internationalen Ausstellung vom Jahre 1855 Versuche mit Hölzern von den englischen Kolonialbesitzungen und anderer Provenienz durchgeführt, um deren Eigenschaften zu demonstrieren. Nach der internationalen Ausstellung zu London 1862 wurden die Versuche mit dem reichlich der Universal-Exposition zugeströmten Materiale und in vergrößertem Maßstabe sowie mit vermehrter Sorgfalt vorgenommen. Die von Hayward Tyler u. Co. zur Verfügung gestellte hydraulische Presse war indessen nach unseren heutigen Vorstellungen ein sehr primitiver, in Beziehung auf die Bedürfnisse der Beobachtung unzureichender Apparat. In Intervallen von 1120 Pfund oder einer halben Tonne wurden die Formveränderungen an den Versuchshölzern in Tausendstel-Zollen gemessen. Diese Versuchshölzer waren 16 Zoll lang und maßen 2 Zoll engl. an der quadratischen Querschnittseite, oder bildeten Würfel von 1 Zoll Seite. Untersucht wurde an beiläufig 3000 Versuchsstücken die relative und die rückwirkende Festigkeit, letztere im Sinne der Faser oder senkrecht zu derselben, ermittelt die Einwirkung der Belastungen auf die Form. Aus den Ergebnissen vergleichbarer Versuche wurden Mittelwerte gerechnet. Von den Hölzern waren meist nur der Vulgär- oder Lokalname, nur ausnahmsweise der botanische Name und die Provenienz bekannt. Folgerungen über den gesetzmäßigen Zusammenhang von Eigenschaften zog der Autor nicht. Die Riesenarbeit hat der Wissenschaft geringe Dienste geleistet.

Eine ähnliche Veranlassung wie die Fowkesche Arbeit hatte die Arbeit des Professors an der k. k. technischen Hochschule in Wien, Bergrat Karl v. Jenny,

welcher über Antrag des Königl. Ungarischen Kommissärs für die forstliche Abteilung auf der Wiener Weltausstellung, Josef Wessely, dem bekannten Forstschriftsteller, von der ungarischen Regierung für Untersuchungen von Hölzern aus den Ländern der ungarischen Krone gewonnen worden war. Diese Untersuchungen wurden nach einem weitausblickenden Programme begonnen, und ein Teil der Resultate gelangte als selbständige Publikation (Untersuchungen über die Festigkeit der Hölzer aus den Ländern der ungarischen Krone, verfügt vom Königl. Ungarischen Finanzministerium, Budapest 1873, 1. Heft) in die Oeffentlichkeit. Jenny untersuchte die Druck-Elastizität und -Festigkeit, die Scherfestigkeit parallel zur Faser und die Zug-Elastizität und -Festigkeit von Hölzern, bei denen bekannt war: Provenienz, Bodenbeschaffenheit, Holzart und Jahrringbreite. Der Mitteilung der Resultate ist eine theoretische Betrachtung vorangestellt.

Infolge einer Anregung von seiten der k. k. forstlichen Versuchsleitung (Regierungsrat Prof. Dr. Arthur Frh. v. Seckendorff) in Wien veranstaltete der vormalige Assistent am deutschen Prager Polytechnikum Karl Mikolaschek eine ansehnliche Reihe von Versuchen über die mechanische Beschaffenheit von in Böhmen erwachsenen Hölzern mit Hilfe der Gollnerschen Probiermaschine bei der Lehrkanzel für Maschinenbau an der k. k. deutschen technischen Hochschule in Prag. Mikolaschek untersuchte vierzig Holzausschnitte, von denen meist 3 demselben Baume, unmittelbar über dem Stocke, eine gemessene Höhe über dem Stocke aus dem Stamme und einem Aste entnommen waren. Außer der Holzart, dem Alter und dem Durchmesser des Baumteiles war die Lage und Beschaffenheit des Standortes bekannt; ermittelt wurde die Elastizität und Festigkeit auf Zug und Druck im Sinne der Faserrichtung, Elastizität und Festigkeit bei Biegung und Torsion, endlich die Abscherfestigkeit sowohl in der zur Faser parallelen als in einer darauf senkrechten Richtung. Gesetzmäßige Folgerungen wurden aus den Versuchsergebnissen nicht gezogen, die Resultate verdienen als zuverlässige Daten Beachtung. Die Arbeit ist im Heft 1 Band II der „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs" und als Separatabdruck veröffentlicht im Jahre 1879.

Die Zahl der auf die mechanischen Eigenschaften der Hölzer Bezug habenden Untersuchungen und Abhandlungen vermehrte sich nun in der periodischen Fachliteratur von Tag zu Tag; es muß hier vorläufig darauf verzichtet werden, eine Uebersicht zu geben, da es sich doch jetzt zunächst nur um die Feststellung jener Momente handelt, welche für die Entwickelung des ganzen Faches eine weittragende Bedeutung haben. Dazu gehören aber zunächst zwei größere Studien, welche beide in das Jahr 1883 fallen.

1. Methoden und Resultate der Prüfung der schweiz. Bauhölzer, bearbeitet von L. Tetmajer, Ingenieur, Professor am schweiz. Polytechnikum, Zürich.

2. Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit von Fichten- und Kiefern-Bauhölzern (Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Königl. Technischen Hochschule in München, IX. Heft) von J. Bauschinger, ord. Professor der technischen Mechanik und graphischen Statik, München.

ad 1. Das eidgenössische Festigkeits-Institut hat für die Gruppe der „Baumaterialien" auf der schweiz. Landesausstellung eine sehr umfangreiche Untersuchung nach einem Programme durchgeführt, welches ein Kompromiß zwischen den bautechnischen und forstwirtschaftlichen Interessen darstellt und die Prof. Tetmajer und Landolt zu Verfassern hat. Im ganzen waren 31 Bauholzstämme zur Erprobung gelangt und zwar in der Weise, daß von jedem 22 Versuchsstücke vorgerichtet

wurden. Diese dienten zur Ermittlung der Dichte und des Feuchtigkeitsgehaltes, dann der Elastizitäts- und Festigkeits-Verhältnisse bei Zug, Druck, Knickung, Abscherung und Biegung. Die Holzarten Tanne, Fichte, Föhre, Lärche, Eiche und Buche waren aus verschiedenen Höhenlagen repräsentiert und für jedes Individuum war mit Sorgfalt festgestellt: Geologie des Standortes, örtliche Lage und Höhe desselben über dem Meeresspiegel, Alter und Beschreibung des Aussehens des Holzes.

Tetmajer hat eine sehr bemerkenswerte Methode der Qualitätsbestimmung des Holzes in bautechnischer Richtung an der Hand der Arbeitskapazität der Biegungsfestigkeit in Vorschlag gebracht. Auch in Beziehung auf den Wert der Ziffern, welche die umfangreiche Studie lieferte, nimmt dieselbe einen ersten Rang ein.

ad. 2. Bauschinger beasichtigte, Aufschluß über den Einfluß des Standortes und der Fällzeit auf die Elastizität und Festigkeit der wichtigsten Nadelbauhölzer zu gewinnen. Dabei wurde überaus rationell vorgegangen. Von vier Standorten wurden je vier Kiefern und Fichten im Alter von 90 bis 100 Jahren, welche unter ähnlichen Standortsverhältnissen vollkommen gesund und fehlerfrei erwachsen waren, ausgewählt und nach der „Anleitung zur Standorts- und Bestandesbeschreibung beim forstlichen Versuchswesen" (abgedruckt und erläutert in Ganghofers forstlichem Versuchswesen, Band I, Heft 1) geschildert. Je zwei der Stämme wurden von jedem Standort im Sommer (August 1881) und je zwei im folgenden Winter (Dezember und Januar) gefällt und unter bestimmten Modalitäten ans Münchener Laboratorium gesandt. Bauschinger unterwarf die Balken, welche verhältnismäßig große Abmessungen hatten, auf der Werderschen Maschine den Versuchen auf Biegung (250 cm Spannweite), Zug, Druck, Abscherung. Außerdem wurde an einem speziell zu diesem Zwecke hergestellten Stammstücke eine Untersuchung über die Beziehung zwischen den mechanischen Eigenschaften (Elastizität und Festigkeit) und den physikalischen (Dichte und Feuchtigkeit) angestellt, um die obigen Versuchsergebnisse untereinander vergleichbar zu machen. Hierauf konnten die nötigen Korrektionen und Reduktionen vorgenommen und endlich die Resultate verglichen und bestimmte Folgerungen gezogen werden.

Die neueren Forschungen und Untersuchungsresultate, welche sich durch ihren wissenschaftlichen Wert ganz besonders auszeichnen, sind die Arbeiten von M. Rudeloff, Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forsten ausgeführten Holzuntersuchungen, Berlin 1889. — Dr. A. Schwappach, Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume. I. Die Kiefer. Berlin 1897. — II. Fichte, Weißtanne Weymouthskiefer und Rotbuche. Berlin 1898. — Anton Hadek und Gabriel Janka, Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der österr. Bauhölzer. I. Fichte Südtirols. Wien 1900. — G. Janka, Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der österr. Bauhölzer. II. Fichte von Nordtirol, vom Wienerwalde und Erzgebirge. Wien 1904, und III. Fichte aus den Karpathen, aus dem Böhmerwalde, Ternovanerwalde und den Zentralalpen. Technische Qualität des Fichtenholzes im allgemeinen. Wien 1909.

§ 6. In Beziehung auf die mechanischen (bei der Anwendung des Holzes im Bau- und Konstruktions-, also allgemein im Ingenieur-Wesen ausschlaggebenden) Eigenschaften liegt ein ungemein reiches, aber ebenso vielartiges und erst seit Chevandier und Wertheim heute noch berücksichtigungswertes Material an Forschungsergebnissen vor. Hier sind aber trotzdem erst die Wege gefunden und einzelne Beispiele gelungen, ein weites Feld ist der Forschung noch offen, — freilich erfordert

sie bedeutenden Aufwand an physischen und pekuniären Kräften und sollte, statt von den zufälligen Veranlassungen abhängig zu sein, durch ernste planmäßige Anordnungen geregelt werden. Die hiehergehörigen neuesten Arbeiten von M. Rudeloff, Dr. Schwappach und A. Hadek und G. Janka haben bereits den gezeichneten Weg eingehalten, und wäre es nur zu wünschen, daß solche Versuchsreihen auch fernerhin zur Ausführung gelangten. Ist doch unser technisches Versuchswesen heute derart ausgebildet, daß die Lösung dieser wichtigen Aufgaben leicht zu erreichen ist. Die Hilfsmittel hiezu sind allenthalben vorhanden, die präzisesten Apparate stehen zur Verfügung, ein allgemeiner Arbeitsplan für Holzuntersuchungen ist aufgestellt, — nur die Aufbringung der finanziellen Mittel zur Durchführung solcher umfangreicher Arbeiten bereitet uns heute leider oft genug noch die größten Schwierigkeiten.

Die Entwickelung der Erkenntnis von anderen Gruppen von Eigenschaften ist zwar natürlich eine ähnliche, aber das heute Errungene steht in mancher Beziehung von dem wünschenswerten Ziele noch weiter ab.

Schon im Jahre 1869 hat Wilh. Fr. Exner in seinen Vorträgen über das Holz als Rohstoff für das Kunstgewerbe am österr. Museum für Kunst und Industrie die Untersuchung des Holzes sowohl nach der technischen als nach der kunstgewerblichen Seite hin verlangt und dadurch tatsächlich die Holzuntersuchungen nach dieser Richtung hin inauguriert.

Der berühmte Technologe K. Karmarsch, welcher bekanntlich die „beschreibende Technologie" zum Range einer Wissenschaft erhob, legte mit seinem epochemachenden Werke: „Handbuch der mechanischen Technologie" die Grundlage für die Erörterung aller technischen Eigenschaften, die zur Verarbeitung und Verwendung des Holzes in der Industrie in Relation stehen. Dabei treten die Elastizität und selbst die Festigkeit in den Hintergrund, und Dichte, Härte, Spaltbarkeit, namentlich aber die Volumsveränderlichkeit erhalten für die Gestaltgebung und die Erhaltung des beabsichtigten Gefüges Belang. Karmarsch hat selbst mancherlei Beobachtungen gemacht, sein Hauptverdienst besteht aber in der zusammenfassenden Darstellung aller zuverlässigen älteren und neueren Daten, welche ja nur für die mechanischen Eigenschaften von Chevandier und Wertheim gemacht worden war, und in der Einbeziehung jener Erfahrungen, die man bei der mechanischen, physikalischen und chemischen Behandlung der Hölzer auch in bezug auf ihre Eigenschaften gewonnen hatte. Seine Nachfolger E. Hoyer (Lehrbuch der vergleichenden mechanischen Technologie, Wiesbaden 1878), F. Stübchen-Kirchner (Karmarsch-Heerens technisches Wörterbuch, 3. Auflage ergänzt und bearbeitet von F. Kick und Dr. W. Gintl, IV. Band, Prag 1886), endlich Prof. A. Ledebur (Die Verarbeitung des Holzes auf mechanischem Wege, Braunschweig 1881) und Prof. H. Fischer (Die Bearbeitung der Metalle, der Hölzer etc., Handbuch der mechan. Technologie 1891) konnten wie Karmarsch in den späteren Auflagen seines Werkes schon die Arbeiten der Forstleute und Botaniker Nördlinger, Dr. J. Wiesner, Dr. R. Hartig, Th. Hartig etc. mit in ihre Darstellung einbeziehen [1]). Eine völlig moderne Auffassung der Rolle, welche die Eigenschaften in technologischer Richtung spielen, bekundet aber erst der obengenannte Technologe (Ledebur), indem er zwischen Arbeits- und Gewerbseigenschaften unterscheidet.

Nebst den Vertretern der mechanischen Technik, dem Forstmanne Nördlinger und den Technologen ist aber weiters die Gruppe der Botaniker zu besprechen, welche

1) Eine gute kompilatorische Arbeit über die Eigenschaften des Holzes, welche in technischen Kreisen viel benützt wird, findet sich bei: Rudolph Gottgetreu, Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien, 3. Auflage, Berlin 1880, I. Band.

sich speziell auf das Holz, dessen Anatomie, Physiologie, Histologie verlegten und dem Mikroskop zu neuen Erfolgen verhalfen.

Hofrat Prof. Dr. Julius von Wiesner, welcher früher als Dozent für Warenkunde an der Wiener k. k. technischen Hochschule wirkte, gab diesem Fach neue Gestalt und neuen Inhalt auf naturwissenschaftlicher Grundlage. Seine beiden Hauptwerke auf diesem Gebiete, „Einleitung in die technische Mikroskopie", Wien 1867, und „Die Rohstoffe des Pflanzenreichs", Leipzig (II. Auflage 1900), behandeln das Holz vornehmlich vom Standpunkte der Anatomie aus. In dem letztgenannten Werke werden von Prof. Dr. K. Wilhelm-Wien, welchem Wiesner für die II. Auflage die Bearbeitung des Abschnittes über die Hölzer übertragen hat, zum ersten Male in umfassender Weise die Unterscheidungsmerkmale der Holzarten und deren physikalische Eigenschaften sowie die Verwendung der Hölzer festgestellt und manche landläufige Irrtümer aufgedeckt und bleibend beseitigt.

Dr. J. Moeller hatte sich schon durch seine ausgezeichneten „Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Holzes" (Denkschriften der math.-naturwissenschaftl. Klasse der Kais. Akademie der Wissenschaften, Band XXXVI) und andere einschlägige Studien eine hervorragende Stellung als Fachmann erworben, bis er endlich die für die Technologie höchst wertvolle Monographie: Die Rohstoffe des Tischler- und Drechsler-Gewerbes, I. Teil, Das Holz, Kassel 1883, veröffentlichte, in welcher er auch die dem Botaniker ferner liegenden Verhältnisse, insbesondere die technischen Eigenschaften geschickt darstellte.

Es dürfte genügen, hier darauf hinzuweisen, daß Botaniker wie Böhm, R. und Th. Hartig, Höhnel, Reinke, Roßmann, Unger, Sanio, Schacht, Weiß, Willkomm u. a. m. manchen Beitrag lieferten. Nördlinger beschenkte die Literatur auch nach dem Erscheinen seines Hauptwerkes mit mancher Spezialstudie (z. B. Der Holzring als Grundlage des Baumkörpers, Stuttgart 1872); R. Hartig untersuchte „das spez. Frisch- und Trockengewicht etc., den Wassergehalt und das Schwinden des Kiefernholzes (Berlin 1874) und veröffentlichte 1885 (Berlin) die vortreffliche Monographie: „Das Holz der deutschen Nadelwaldbäume"; seine zahlreichen, auf die Qualität des Holzes bezugnehmenden Arbeiten hat R. Hartig schließlich zusammengefaßt in seinem Buche: „Holzuntersuchungen. Altes und Neues" 1901. J. Sachs veröffentlichte eine beachtenswerte Untersuchung über die „Porosität des Holzes", Würzburg 1877; in den „Studien über die Qualität rasch erwachsenen Fichtenholzes" (Zentralbl. f. d. g. Forstw. 1902) haben Dr. Cieslar und G. Janka auf Grund von anatomischen bezw. technologischen Untersuchungen auf die Nachteile einer zu weitständigen Begründung und Erziehung von Fichtenbeständen bezüglich der Holzqualität aufmerksam gemacht, usw. usw.

Um einigermaßen vollständig zu sein, muß noch auf jene literarischen Produkte hingewiesen werden, die entweder den Bedürfnissen der Praxis unmittelbar entspringend oder der Popularisierung der Wissenschaft dienend, manches wertvolle Datum enthalten. Gerade nur um typische Beispiele anzuführen, nennen wir folgende Werke und Schriften, chronologisch geordnet:

Instruction sur les bois de marine et leur application aux constructions navales. Publiée par Ordre de S. Exc. le ministre secrétaire d'état au département de la marine. Paris.

Holzhandel und Holzindustrie der Ostseeländer von Dr. G. Marchet und W. F. Exner. Weimar 1885.

Studien über das Rotbuchenholz von W. F. Exner. Wien 1875.

Les bois indigènes et étrangers, Physiologie — Culture — Production — Qua-

lité — Industrie — Commerce. Par Adolphe E. Dupont et Bouquet de la Grye. Paris 1875.

Untersuchungen über den Einfluß der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Fichtenholzes, ausgeführt an der Königl. Sächs. forstlichen Versuchsstation zu Tharandt und am Königl. Sächs. Polytechnikum zu Dresden, mitgeteilt von Dr. E. Hartig in Dresden, 1877.

Burkarts Sammlung der wichtigsten europäischen Nutzhölzer in charakteristischen Schnitten, herausgegeben vom Technologischen Gewerbe-Museum in Wien. Mit einem erläuternden Text. Brünn 1880.

Die Unterscheidungs-Merkmale der wichtigeren in Deutschland wachsenden Hölzer (Spezielle Xylotomie) von Dr. R. Hartig. München 1879.

Experimente über Gewichts- und Volumenerweiterung am Holze der jurassischen Waldbäume vom grünen Zustande bis zur Verkohlung, ausgeführt 1877, erweitert und ergänzt 1883 zur Beschickung der schweizerischen Landesausstellung von J. A. Frey. Münster im Jura 1883.

Die industrielle Verwertung des Rotbuchenholzes, eine Denkschrift, herausgegeben von einer Kommission, welche von dem österr.-ungar. Verein der Holzproduzenten, Holzhändler und Holzindustriellen und dem Technologischen Gewerbe-Museum eingesetzt wurde. Wien 1884.

Versuche und Erfahrungen mit Rotbuchen-Nutzholz von P. von Alten. Berlin 1895.

Die Buchenfrage in der österr. Forstwirtschaft von Leopold Hufnagl. Wien 1899.

Ein vorzügliches, populär geschriebenes Büchlein über die technischen Eigenschaften des Holzes ist Sig. Gayers „Die Holzarten“ (Bibliothek der gesamten Technik). In jüngster Zeit ist erschienen: „Gewerbliche Materialkunde, Die Hölzer, Stuttgart, Verlag Krais 1910, das vollständigste Werk, das bisher über diesen Gegenstand veröffentlicht wurde.

§ 7. Mit dieser kurzen Uebersicht von Forschungen und Arbeiten, Darstellungen und Anregungen mannigfaltigster Art und aus den verschiedensten Veranlassungen entsprungen, ist wohl der Nachweis geliefert, daß auf unserem Gebiete mancherlei erreicht, viele Anknüpfungspunkte für weitere Bestrebungen erlangt wurden, daß wir uns aber doch erst am Anfange exakter Forschung befinden und daß namentlich die breite Basis fehlt, welche die Großartigkeit des Baues erheischt, die unerläßlich ist, um zur befriedigenden Höhe der Erkenntnis zu führen. Am wenigsten ist noch in technologischer Hinsicht geschehen. Während Ernst Hartig in Dresden gelehrt hat, die Maschinen zur Bearbeitung des Holzes auf ihre Leistung zu erproben, ihren „Wirkungsgrad“ zu ermitteln, hat es noch niemand versucht, die Arbeitseigenschaften des Holzes in solcher Weise ziffermäßig festzustellen, daß sie zur Vorausbestimmung des Arbeitsaufwandes dienen könnten.

Die vorliegende Abhandlung kann nun nicht den Zweck haben, die wissenschaftliche Bearbeitung des Stoffes selbst direkt zu fördern; es kann nur erwartet werden, daß die bisher gewonnenen Resultate in neuer Form übersichtlich und brauchbar für den Fachmann zusammengestellt werden. Da eine Zusammenstellung überhaupt nicht existiert, welche nicht den Stempel der Einseitigkeit an der Stirne tragen würde, so ist die Aufgabe eine wichtige und dankenswerte.

---

§ 8. In Beziehung auf die Einteilung des Stoffes mögen folgende motivierende Bemerkungen noch hier in der Einleitung ihren Platz finden.

Die Erörterung des Baues des Holzkörpers, seiner Konstitution, seines Gefüges, seiner Struktur oder Textur, die chemische Zusammensetzung und die im Leben der Holzpflanze bedingenden Umstände etc., gelegenen Voraussetzungen obiger Verhältnisse werden in der vorliegenden Abhandlung entfallen, da hiezu andere Fachleute berufen sind.

Die technischen Eigenschaften, welche als die natürliche Konsequenz des Baues und der Chemie des Holzes aufgefaßt werden müssen, werden in mechanische und physikalische (Chevandier und Wertheim, Bauschinger u. a.) oder in Arbeits- und Gewerbs-Eigenschaften (Ledebur u. a. m.) eingeteilt. Die letztere Einteilung hat einen Nachteil für die Behandlung des Stoffes, indem manche Eigenschaft, wie die Härte, einmal als Arbeits-Eigenschaft, d. i. eine auf die Formgebung Einfluß nehmende Beschaffenheit, ein andermal als Gewerbs-Eigenschaft, d. i. eine die Verwendbarkeit als Gewerbeprodukt bestimmende Beschaffenheit auftritt und daher der Platz dieser Eigenschaft im Systeme nicht ein fixer ist. Es soll daher von einer neuen Einteilung Gebrauch gemacht werden.

Die Eigenschaften zerfallen in drei Gruppen:

I. Aeußere Erscheinung. Eigenschaften, welche im unveränderten oder veränderten Bestande durch den Gesichts-, Geruchs- und Tastsinn wahrnehmbar sind.

II. Materieller Zustand. Dichte, Feuchtigkeitsgehalt, Veränderlichkeit desselben, Veränderlichkeit des Volumens, Folgen desselben.

III. Verhalten gegen von außen einwirkende Energien.
Gestaltsveränderung ohne Aufhebung des Zusammenhanges der Substanz. Elastizität, Biegsamkeit, Zähigkeit.
Gestaltsveränderung mit Aufhebung des Zusammenhanges. Festigkeit, Spaltbarkeit, Härte.

I. Aeussere Erscheinung.

Eigenschaften, welche im unveränderten oder veränderten Bestande des Holzes durch den Gesichts-, Geruchs- und Tastsinn wahrnehmbar sind.

§ 9. 1. Farbe des Holzes. Wir verstehen unter Farbe des Holzes den Farbton, sowohl seiner Art als seiner Tiefe nach, wie sich derselbe dem Auge darstellt, nachdem irgend eine Fläche am Holzkörper erzeugt worden ist. Man hat von dieser jedem Holze zukommenden Eigenschaft wohl zu unterscheiden den Fall, daß ein Farbstoff bei besonders reichem Vorkommen im Holze nicht nur demselben eine auffällige Farbe verleiht, sondern auch aus diesem Holz auf verschiedenem Wege gewonnen und zu Zwecken der Färberei benützt werden kann [1]).

Die Farbe des Holzes stellt nicht nur eine wichtige Gewerbs-Eigenschaft dar, wenn das Holz ohne weitere künstliche Veränderung der Farbe in dem Produkte zum Vorschein kommt, sondern die Farbe hat auch eine allerdings beschränkte symptomatische Bedeutung für die Qualität des Holzes nach bestimmten Richtungen.

1) Solche an Farbstoffen sehr reiche Hölzer sind beispielsweise: Die Rothölzer (Fernambuk, Sappan, Brasilienholz), welche sämtlich von Cäsalpinia-Arten stammen; das Blau- oder Campeche-Holz (Haematoxylon campechianum); das rote Sandel- oder Caliaturholz (Pterocarpus santalinus); der Färbermaulbeerbaum (Maclura aurantiaca); der Perückenbaum (Rhus cotinus); das Wurzelholz des Sauerdorns (Berberis vulgaris) usw. Vergl. Dr. Josef Moeller, „Die Rohstoffe des Tischler- und Drechsler-Gewerbes", I. Teil, Kassel 1883, und Dr. Gustav Adolf Weiß, Allgemeine Botanik, I. Band, Wien 1878.

In ersterer Hinsicht ist etwa folgendes zu bemerken: Das Holz hat sehr häufig durch seine Farbe einen erhöhten Gebrauchswert, namentlich für jene Gewerbe, in welchen nebst der Form des Produktes auch die Farbe der Oberfläche eine Wichtigkeit hat, wie bei allen Kunstgewerben. In der Möbeltischlerei ist selbstverständlich die beabsichtigte Farbe der Oberfläche mit entscheidend für die Wahl der zu verwendenden Holzart. Das Mahagoniholz, das Ebenholz, das Nußholz, verschiedene Obstbaumhölzer, wie Birne, Kirsche, Apfel, Pflaume usw. spielen in der Möbelerzeugung, abgesehen von anderen Eigenschaften, durch ihre Farbe eine hervorragende Rolle. Von gewissen Artikeln verlangt man, daß sie ein möglichst helles Weiß zeigen und bei der Verwendung beibehalten. Dies ist ein Grund der Bevorzugung des Ahornholzes bei verschiedenen Gegenständen des Kücheninventars.

Die Mosaik-Arbeit beruht bei allen Rohstoffen auf der Verschiedenheit der Farbe der einzelnen Bestandteile, welche zu einem polychromen Bilde zusammengesetzt werden. Die verschiedenfarbigen Hölzer bilden auf diese Art die Grundlage eines speziellen Kunstgewerbes, der sogenannten „eingelegten Arbeit", der Intarsia. Es ist daher die Farbe des Holzes die Vorbedingung für die kunstindustrielle Verwendung des Holzes in der gedachten Richtung.

Die Zusammensetzung des Holzes mit anderen, durch eine gewisse Farbe oder einen bestimmten Glanz ausgezeichneten Rohstoffen, wie z. B. Perlmutter, Schildkrot, Elfenbein, Zinn und Zink, Messing etc., wie dies in der äußersten Kompliziertheit bei der sogenannten „Boule"-Arbeit vorkommt, setzt für jene Hölzer, welche in diese Verbindung eintreten, wieder bestimmte, namentlich dunkle Farbtöne voraus.

Da die Hölzer nicht immer von Natur aus in den gewünschten Farbtönen erscheinen, so werden häufig technische Verfahrungsweisen zu Hilfe genommen, um die natürliche Farbenwirkung des Holzes zu erhöhen oder vollständig zu verändern, wie dies durch das Beizen, Färben an der Oberfläche, durch Dämpfen und Imprägnieren, durch Räuchern oder durch das neue Verfahren der Bodenverbräunung durch den ganzen Bestand des Holzstückes hindurch erreicht wird.

In Beziehung auf die Bedeutung der Farbe als Kennzeichen für die Beschaffenheit des Holzes hat man zu unterscheiden: 1. die Farbe des frisch gefällten Holzes von jener, welche etwas später erscheint, und von jener, welche sich schließlich am vollständig trockenen Holze zeigt; 2. hat man zu beobachten den Unterschied zwischen der Farbe des Splint- und Kernholzes an sich und in den sub 1 bezeichneten Fällen.

Als Kennzeichen für die Holzart, also zur Entscheidung der Provenienz des Holzes hat die Farbe fast gar keinen Wert; so zeigt das Holz der Koniferen hinsichtlich der Farbe nur geringe Verschiedenheiten; es ist weiß mit einem schwachen gelblichen oder rötlichen Schimmer. Das hie und da sich bildende Kernholz ist braun bis rotbraun gefärbt. Gerade bei den nahe verwandten Arten sind die Farben-Nuancen diagnostisch nicht zu verwerten. Sie lassen häufig den geübtesten Praktiker im Stiche.

Wenn wir doch eine Uebersicht der verschiedenen Farben der Hölzer im trockenen Zustande hier geben, so will damit keineswegs ein besonders wertvolles Material geboten werden.

Weiß: Ahorn, Linde, Roßkastanie, Eschensplint, Weißbuche;

gelb: Fisettholz, Perückenstrauch, Sauerdorn, Zitronenholz, Satinholz, Buchs;

braun: Eiche, Nuß, Mandel, Tulpenbaum, Ulme, Vogelbeere;

graubraun: Trompetenbaum, Ailanthus, Edelkastanie, Zürgel;

gelbbraun: Maulbeerbaum, Pappel, Hartriegel, Kirsche, Robinia, Olive;

rotbraun: Eibe, Lärche, Föhre, Pflaume, Mahagoni, Cornelkirsche, Apfel (hell), Elsbeere, Kreuzdorn;

schwarzbraun: Eisenholz von Casuarina, braunes Ebenholz, Palisander, Teak, Grenadille, Cocoholz;

schwarz: Ebenholz;

rot: Virginischer Wachholder, Padouk, Korallenholz, Rosenholz von Physocalymna;
gelbrot: Fernambuk, Gleditschia, Gymnocladus, Gelbholz, Goldregen;
ziegelrot: Sappan, Bruyère (hell), Faulbaum;
blutrot: Sandelholz von Pterocarpus;
rotviolett: Campecheholz, Amaranth, Königsholz;
grün: Guajak, grünes Ebenholz, Veilchenholz, Cocus[1]).

Von verschiedenen mit der Farbe des Holzes zusammenhängenden Beobachtungen und Ansichten wollen wir hier Notiz nehmen, um die Bedeutung der Farbe als technischer Eigenschaft zu markieren.

Nördlinger behauptet beiläufig folgendes: „Wenn die Witterung nach dem Holzschlage regnerisch, die Luft sehr feucht ist, wie in milden Wintern oder im Spätherbste, so behält der Schrot der Bäume die natürliche Farbe des nassen Holzes oft längere Zeit. Ist dagegen die Luft sehr trocken, wie gewöhnlich im Frühling, so nimmt das gehauene Holz in kurzer Zeit die Trockenfarbe an und zwar Kern- und Reifholz früher als der seine Nässe immer noch aus dem Stamme ziehende Splint. Je heller dieser anfänglich war, um so dunkler kann er in der Folge werden, wenn er ohne oberflächliche rasche Austrocknung allmählich vielen Saft und damit auch sich umsetzende Farbstoffe an die Oberfläche geführt hat.

Gesägte Holzflächen dagegen bekommen wegen ihres faserigen Ueberzuges schnell ein sich nachher längere Zeit gleichbleibendes äußeres Aussehen.

Die eigentümliche Farbe des grünen Holzes bildet sich häufig erst an der Luft aus. So die des Erlenholzes, das auf dem frischen Schrot nur fleischrot aussieht, nach ½ Stunde aber stark gelbrot wird, und das jüngere, saftreichere Holz mehr als das ältere. Gefrorene Erlenspachen fangen erst an rot zu werden, wenn sie auftauen und der Luft zugänglich werden. Eschenholz nimmt auf der Hirnseite eine leicht violette, Zürgelbaum eine graue Färbung an. Das grünliche Stechpalmenholz dagegen wird schön grünblau.

Mit dem Austrocknen des Holzes verbleicht häufig wieder ein Teil der Grünholzfarbe. An einem Würfel aus frischem Erlenholze entfärben sich daher zuerst die Kanten, an einem Rundholze zuerst das weichere Frühlingsholz der Jahresringe. An einem dielförmigen Holzstücke, an dessen ener Breitseite die Mitte lag, verlor sich die Farbe früher auf der entgegengesetzten Seite.

Auf gutem, geeignetem Boden, im freien Stand kräftig erwachsenes Holz hat grün und trocken frischere, lebhaftere Färbung, als im Schluß oder auf zu nassem Boden erwachsenes. Die Tischler behaupten, die Färbung sei bei Kirschbäumen zur Zeit der Blute am stärksten, was dahin gestellt bleiben mag.

Besonders auch ist bei Eichenholz die Gleichförmigkeit der Farbe ein gutes Kennzeichen. Nicht bloß die ganze Fläche des Kernholzes soll dieselbe Färbung haben, sondern auch die einzelnen Jahresringe. Dies ist vorzugsweise der Fall, wenn der Porenring nur aus sparsamen, zerstreuten Poren besteht. Ist er breit- und weit- und vielporig, so pflanzt sich die Porosität noch über einen Teil des festen Ringes fort, wodurch, zumal infolge der beginnenden Austrocknung, konzentrisch verschiedene Färbung, Ringstreifung entsteht".

Die Farbe hat einen wesentlichen Einfluß auf den Verwendungswert des Eichenholzes für die Marine und ist sogar in der offiziellen, von dem Staatssekretär des Marine-Departements in Frankreich herausgegebenen Verordnung: „Instruction sur les bois de marine et leur application aux constructions navales" (Paris, Arthur Bertrand) zum Ausdrucke gelangt. Man unterscheidet nämlich nach dieser Verordnung jenes Eichenholz, welches auf der frischen Schnittfläche eine strohgelbe Farbe besitzt, das bois maigre, von jenem Eichenholze, dessen Farbe blaß oder braun bis rotbraun ist und bois gras genannt wird. Von dem ersteren wird behauptet, daß es erfahrungsgemäß viel mehr unter den atmosphärischen Einflüssen leidet, also in hohem Grade geneigt ist, zu schwinden, zu quellen, sich zu werfen und zu reißen, daß es aber trotzdem das geeignetste Holz für das gesamte Rippenwerk des Schiffes bilde, hingegen zeige das bois gras bei großer Sprödigkeit eine höhere Widerstandsfähigkeit gegen Temperatur- und Feuchtigkeits-Aenderungen und es ist daher dieses Holz für Parkett-, Tischler-Arbeit und für die Schiffsverkleidung besser zu verwenden.

Die Grünholzfarbe des Eichenkernes soll nach den dänisch-preußischen Marine-

---

1) Vergl. Dr. Joseph Moeller, „Die Rohstoffe des Tischler- und Drechslergewerbes" I. Teil, Kassel 1883, und Dr. Gustav Adolf Weiß a. a. O., ferner Dr. J. Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreichs, Leipzig, II. Auflage 1900.

satzungen (Häring, Zusammenstellung der Kennzeichen 1853) weißlichgelb, bräunlichgelb, rötlichgelb sein, alle drei häufig mit einem Stich ins Graue. Die weißlichgelbe Farbe werde, sagt man, später mehr und mehr strohfarbig oder sandgrau, die bräunlichgelbe grünbraun, die rötlichgelbe schmutzig- oder staubiggelbbraun. Von entschieden geringerer Qualität seien die Eichen von brauner Grünholz-Farbe, diese teils von der wirklichen Färbung der Holzmasse, teils von den dunkel erscheinenden starken Porenkreisen abzuleiten und verbunden mit sehr engen, porenreichen Jahresringen; als häufigste Farbe die dritte, die schlechteste Beschaffenheit von Eichenholz bezeichnend. Auch eine bläulichrote (Lila-) Farbe kann vorkommen und ist in Verbindung mit sehr breiten Jahresringen ein schlimmes, ,,Brauschheit" verratendes Zeichen, wofür allerdings auch der Umstand spricht, daß dieses Holz nach Häring sehr wenig eingewachsene und abgestorbene Aeste zeigt. Bläulichrotes oder rotblaues Eichenholz mit schmalen Jahresringen wäre das schlechteste, brüchigste Eichenholz. Nach demselben würde die Lilafarbe am Längsholz öfters einen mehr bräunlichen, oft auch ganz hellgelben und weißen Ton annehmen.

Man sieht aus diesen sowohl in Frankreich als auch in Deutschland herrschenden Ansichten über die Konnexität der Farbe mit der wahrscheinlichen Qualität des Eichenholzes, welche Wichtigkeit die Farbe für den Verkaufswert des Holzes besitzt.

Nördlinger macht weiters folgende beachtenswerte Bemerkungen:

,,Auch die Farbe des Eichenholzes wechselt stark beim Austrocknen. Die ringförmige Streifung bei Hölzern von ungleichem Bau der Jahreslagen verschwindet. Braunes Eichenholz, vor Regen geschützt, wird heller und sieht sich vorteilhafter an, helles, wenn es Wind und Wetter ausgesetzt liegt, dunkler, zumal schwammiges, sehr poröses; der Splint oft ganz schwarz. Geflößtes wird dunkler und unscheinbarer in der Farbe, auch gleichförmiger, und sein Splint öfters braun wie junger Kern.

Es ist deshalb in bezug auf die Farbe immer von Wert, schon im Schlag oder kurz nachher die Hölzer zu untersuchen. Ist dies nicht möglich, so legt man allerdings noch nach Monaten, zumal bei Stämmen in der Rinde, durch Absägen einer dicken Scheibe die ursprüngliche Farbe wieder einigermaßen bloß. Es geschieht solches aber wegen des Holzverlustes nicht immer gern und hilft bei Hölzern nichts, die schon jahrelang der Witterung ausgesetzt waren.

Aus den hier vorangestellten Mitteilungen erhellt, daß die Praktiker der Farbe des Holzes im grünen und trockenen Zustande einen großen, vielleicht zu großen Wert beilegen. Von technischer Wichtigkeit ist indessen sicherlich der schon früher erwähnte Unterschied in der Farbe von Kern und Splint des Holzes. Bei genauerer Untersuchung findet man nicht selten, daß das zwischen Splint und Kernholz liegende Reifholz nicht erheblich dunkler als der Splint, aber fast so trocken als der Kern erscheint. Mitunter verwandelt sich der Splint bloß in Reifholz, dieses aber nicht in Kernholz. Da die Ausbildung dieser Schichten bekanntlich keineswegs zufällig, sondern für die Holzart charakteristisch ist, so unterscheidet man ja Splintbäume, Reifholzbäume, Kernbäume und Reifholzkernbäume. Diese Unterscheidung kann namentlich bei den Kernbäumen durch die Differenz in der Farbe von Splint und Kern ein wichtiges Hilfsmittel für die Erkennung der Holzart sein und spielt sogar in der Industrie eine Rolle. Eibe, Wachholder und Zeder, die zu den Kernbäumen gehören, einen sehr lichten Splint und einen an denselben unmittelbar angrenzenden, schön braunrot gefärbten Kern besitzen, gestatten eine derartige Verarbeitung, daß an dem fertigen Objekte hervorragende Partien dem lichten Splint, tiefer gelegene dem dunklen Kern angehören; es ist dies das der Camée zugrunde liegende Prinzip. Ein Erzeugnis dieser Art, welches sehr beliebt ist und vielfach angetroffen wird, bilden Eßbestecke — will sagen Gabel und Löffel — mit reicher ornamentaler Verzierung des Handgriffs, wie solche namentlich im Berner Oberlande aus Eiben- und Wachholderholz erzeugt werden. Manschetten- und Rockknöpfe, Eierbecher, Zahnstocher, Serviettenringe und ähnliche

Gegenstände werden überaus häufig aus den genannten Holzarten unter geschickter Benutzung der Verschiedenfarbigkeit von Splint- und Kernholz erzeugt.

Hier muß auch des ganz speziellen und charakteristischen Falles gedacht werden, der beim Zirbenholz vorkommt. Die kastanienbraunen, an den Schnittflächen wachsartig erglänzenden Astknoten, die bei dem Zirbenholze überaus häufig im Innern der Stämme vorkommen, fallen aus den Brettern oder aus sonstigen Objekten nicht heraus, wie dies bei den Hornästen anderer Nadelhölzer der Fall ist. Diese dunkelbraunen Flecken treten häufig recht zahlreich auf, verteilen sich über die Oberfläche der Gegenstände mehr oder minder regelmäßig, verleihen dem Holze einen eigentümlichen Reiz und dadurch auch einen erhöhten Wert.

Bei manchen Hölzern ist der Abstand zwischen der Farbe des Splint- und jener des Kernholzes ein sehr großer und gleichzeitig auch die Verschiedenheit anderer Eigenschaften eine sehr bedeutende; so z. B. beim Ebenholz und beim Guajakholz. Bei diesen beiden Hölzern ist der Splint nahezu weiß, etwa von der Farbe des Elfenbeins, der Kern hingegen bei ersterem schwarz, bei letzterem dunkelgrünlichbraun. Der Splint dieser beiden Bäume hat für die technische Verwendung geringen Wert, während das Kernholz sehr geschätzt wird. Da außerdem das Splintholz sich von dem Kernholz leicht absplittert, muß bei technischen Verwendungen dieser Hölzer Sorge getragen werden, daß der Splint vollständig beseitigt wird. Hier ist also die Farbe des Holzes ein Wegweiser bei der technischen Verarbeitung desselben. Ein ganz eklatantes Beispiel bietet in dieser Hinsicht die Verwendung des Guajakholzes zu Kegelkugeln. Das Kernholz ist ungemein hart, widerstandsfähig gegen jede Art von Abnützung, von dichter Struktur und hohem Gewichte. Diese Vorzüge werden zum Teil der im Kernholze enthaltenen, verhältnismäßig großen Menge des sogenannten Guajak-Harzes zugeschrieben. Eine aus diesem Materiale hergestellte Kegelkugel darf keinerlei Splint enthalten. Im entgegengesetzten Falle plattet sich die Splintstelle der Kugel rasch ab, d. h. die Kugel wird unrund und schließlich unbrauchbar.

Im allgemeinen ist der Unterschied zwischen der Splint- und Kernholzfarbe bei den Hölzern, die in heißen Klimaten heimisch sind, hervorstechender als bei den Holzgewächsen der gemäßigten Zone. Das Kernholz der Tropenhölzer zeigt oft eine warme, satte, mitunter tiefdunkle Färbung.

Von der den Hölzern im gesunden Zustande eigentümlichen Farbe sind jene Färbungen zu unterscheiden, welche die Hölzer infolge von Krankheitserscheinungen annehmen. So tritt bei manchen Hölzern in der Nähe des Markes in kleinen Flecken, beim Ahornholze Strahlenrissen entlang, bei der Ulme gleichfalls in Strahlenrissen oder an der Peripherie des Kernholzes, dann beim Pflaumenbaume im Kerne ringförmig eine kupfergrüne, oft sehr dunkle Färbung ein, welche als die Folge eines Zersetzungsprozesses zu betrachten ist. Von Wundstellen sickert mitunter ein dunkel gefärbtes Zersetzungsprodukt am Baumstamme abwärts und erzeugt an den tiefer gelegenen Stellen des Baumes eine dunklere Färbung, die sogenannte „falsche Kernbildung“ (Rotbuche). Diese anormalen Färbungen müssen nicht mit einer Verringerung der Qualität des Holzes in sonstiger Beziehung Hand in Hand gehen.

Wir gelangen mit dieser Bemerkung zur Angelegenheit der Farben-Veränderung. Fast alle Hölzer dunkeln unter dem Einflusse der Atmosphärilien und des Sonnenlichtes nach. Auch nahezu weiße Koniferenhölzer nehmen, dem Lichte ausgesetzt, eine stets satter werdende gelbe Färbung an, eine Erscheinung, welche auch bei dem größere Mengen „Holzschliff“ enthaltenden Papiere auftritt. Das unmittelbar nach der Erzeugung im gebleichten Zustande völlig weiße Papier wird mit der Zeit gelb bis lichtbraun. Aber auch warme Töne, welche das Kernholz ge-

wisser Bäume zeigt, wie Lärche und Mahagoni, dunkeln bedeutend nach. Mahagoniholz, welches im frischgeschnittenen Zustande warm rot erscheint, wird mit der Zeit kastanienbraun, manchmal düster schwarzbraun [1]).

Eine besonders auffällige Veränderung der Farbe unter dem Einflusse von Licht und Luft zeigt das Amarantholz, welches an frisch bloßgelegten Stellen graubraun mit einem bläulichen Schimmer erscheint, aber, längere Zeit hindurch in lichten Räumen aufbewahrt, dunkel blauviolett wird. Dieser Eigenschaft verdankt auch das Holz den Namen Luftholz.

Diese Erscheinungen der Farbenveränderung sind von den Pflanzen-Physiologen noch nicht aufgeklärt worden; dagegen sind zwei technisch wohl weniger interessante, aber doch sehr auffällige Erscheinungen in der Veränderung der Farbe durch eine Untersuchung Wiesners in hinreichender Weise erörtert worden. Es sind dies: Das Grauwerden der Dachschindeln und das Auftreten einer tief rotbraunen Färbung, ähnlich der gebrannten Siena, bei dem Nadelholze an der Außenseite von Gebäuden in solchen Gegenden, welche reich an Niederschlägen sind, so insbesondere in unseren Alpenländern in der Nähe von Gebirgsseen usw. Dieses Braunwerden der Hölzer gibt den Gebäuden ein überaus malerisches Aussehen, hat aber selbstverständlich keine technische Wichtigkeit. Dagegen sind jene Farbenveränderungen, welche gleichzeitig mit gewissen Krankheitserscheinungen auftreten, von großer Tragweite; so z. B. die Weißfäule und die Rotfäule. Hieher gehört wohl auch die seltener beobachtete sogenannte Grünfäule, eine spangrüne Vermoderung, die bei Birken-, Ahorn-, Buchen- und Eichenholz auftritt. Selbstverständlich ist derartig infolge eines Fäulnisprozesses verändertes Holz von jeder technischen Verwendung ausgeschlossen. Solange ein solcher Krankheitsprozeß nur an der Oberfläche des Holzes auftritt, bildet derselbe für die gewerbliche Verwertung wohl kein Hindernis, doch kann er den Marktpreis des Holzes stark beeinflussen. Auch das Blauwerden frischen Kiefernsplintholzes, hervorgerufen durch den Blaufäulepilz Ceratostomella, beeinträchtigt noch nicht den technischen Gebrauchswert des Holzes, gilt aber als Schönheitsfehler.

Bis nun haben wir nur von der natürlichen Farbe des Holzes gesprochen. Zufällige oder beabsichtigte Veränderungen der Farbe auf künstlichem Wege gehören nicht in den Rahmen dieser Abhandlung; doch sollen ihnen einige Worte gewidmet werden.

Gerbsäurehaltige Hölzer, im grünen Zustande mit Werkzeugen aus Schmiedeeisen oder Stahl bearbeitet, zeigen dunkelbraune bis schwarze Streifen, wie dies z. B. oft an den Schnittflächen der Eichenholz-Sortimente beobachtet wird. Eichenholz, welches sehr lange auf der Sohle von fließenden oder dem Grunde stehender Gewässer gelegen ist, nimmt von selbst eine blauschwarze oder grauschwarze Färbung an und bleibt dabei zu technischen Zwecken vorzüglich geeignet. Solches Eichenholz heißt Wasser-Eichenholz und bildet ein vortreffliches Material für den Möbelbau.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Methode der Behandlung des Rotbuchenholzes mit gewöhnlichem Dampfe. Das Dämpfen des Rotbuchenholzes bewirkt eine auffallende Verringerung des Grades jener Eigenschaften, die der industriellen Verwertung des Rotbuchenholzes in vielen Fällen hindernd im Wege gestanden. Gleichzeitig erhält aber das Rotbuchenholz durch das Dämpfen eine fleischrote bis rotbraune Farbe, welche auffallend an die Farbe der verschiedenen Arten des Mahagoniholzes erinnert. Diese durch das Dämpfen des Rotbuchenholzes herbeigeführte Farbenveränderung ist die Folge einer Art Humifizierungszersetzung der gegen hohe Tempera-

1) Dinglers Polytechnisches Journal Band CII, Seite 198

tur und gegen Alkali und Wasserdampf empfindlichen Ligninbestandteile (Zucker- und Gummiarten, Gerbstoffe etc.) des Holzes.

Zur Erzeugung eines angenehmen Graubraun, das bei antiken Eichenholzgeräten so hoch geschätzt ist, ist bei gerbstoffreichen Hölzern das Räuchern mit Ammoniak in Aufnahme gekommen. Es geschieht in der Weise, daß die fertig gearbeiteten Hölzer 1—2 Tage lang in einem luftdicht verschließbaren Raum der Einwirkung von Ammoniakdünsten und Luft ausgesetzt werden. Das Ammoniak erzeugt mit dem Sauerstoff der Luft zusammen mehr oder weniger braune Farbtöne, die um so tiefer ins Holz hinein reichen, je länger die Dämpfe einwirken.

Auch gerbstofffreie Holzarten können auf diese Weise durch Ammoniak dunkel gefärbt werden, wenn man als Beize eine 5—10%ige wässerige Lösung der äußerst leicht oxydierbaren Pyrogallussäure in heißem Zustande verwendet, die sich mit Ammoniak und Luftsauerstoff dunkel färbt. Das von Thimm angegebene Salmiak-Räucherverfahren besteht darin, daß in gerbstofffreie Hölzer Lösungen von solchen Metallsalzen eingebracht werden, welche beim Räuchern mit Ammoniak oder mit Schwefelwasserstoff verschieden gefärbte Metallverbindungen in der Holzschicht bilden. Aber alle diese Räucherfarben dringen nicht tief ins Holz ein; die Farben sind auch nicht wasserbeständig.

Dagegen entspricht das von Prof. Dr. Wislicenus-Tharandt erfundene Grauholzverfahren vollkommen dem Grundsatze, die natürlichen Verfärbungsvorgänge des Holzes mit möglichst natürlichen Mitteln zu fördern. Es besteht in der Behandlung von Holz mit Bodengasen, wodurch eine Bodenverbräunung (echte Humifizierungsverfärbung) des Holzes herbeigeführt wird. Durch dieses patentierte Verfahren, welches in den Dresdner Werkstätten für Handwerkskunst geübt wird, ist es gelungen, in einer verhältnismäßig kurzen Zeit matte, braungraue Altersfarbtöne in jeder Holzart durch die ganze Masse selbst starker Hölzer hervorzurufen. Es eigenen sich hiezu besonders Buche, Erle und Birke, dann von den Nadelhölzern am besten die Lärche und die amerikanischen Koniferenhölzer, ja selbst Fichte und Kiefer. Das Verfahren besteht darin, daß das zu Brettern oder Bohlen verschnittene Holz in einen Boden eingebettet wird, der mit einem Ammoniakbildner gemischt ist. Die Bodengase: Wasserdampf, Luft, Ammoniak und Kohlensäure, vielleicht auch Wasserstoffsuperoxyd, vollbringen dann die gewünschte, dem Altersgrau ähnliche Bräunung der eingebetteten Hölzer. Die auf diese Art behandelten Hölzer gewinnen aber infolge der Verwesung der leicht zersetzlichen Bestandteile bei der Bodenverbräunung noch weitere wertvolle Eigenschaften, vor allem eine gewisse Altersreife, die man als „Bodengare" bezeichnen könnte [1]).

Erzeugnisse aus weißem Holze, welche besonders auffällig aussehen sollen, werden mitunter gebleicht oder mit weißen pulverigen Substanzen (auch Schwefel) geschüttelt, wie z. B. die aus Ahorn- oder Birkenholz hergestellten Schuhstifte. Dabei handelt es sich nur um eine vorübergehende Verstärkung des Effektes der natürlichen Farbe.

Ganz etwas anderes ist das künstliche Färben des Holzes, welches entweder bloß von der Oberfläche her auf eine verhältnismäßig geringe Tiefe eindringend oder die ganze Masse des Holzes durchsetzend bewerkstelligt wird. Ueber das oberflächliche Färben oder Beizen, wozu man häufig die aus anderen Hölzern gewonnenen Farbstoffe verwendet, wollen wir uns hier nicht weiter verbreiten. Es muß jedoch erwähnt werden, daß die anatomische Beschaffenheit und die chemische Zusammensetzung der

---

1) „Behandlung des Holzes mit Gasen und Dämpfen". Von Hans Wislicenus. In Krais „Gewerbliche Materialkunde. Die Hölzer". Stuttgart 1910.

Hölzer die Eignung derselben so sehr beeinflussen wie ihre natürliche, man könnte sagen die Grundfarbe. So ist es kein Zufall, daß sich zum Schwarzbeizen ganz besonders gut das Birnholz eignet, welches sich schwarz gebeizt sowohl massiv als auch insbesondere in der Form von Fournieren zum Ersatze von Ebenholz eignet. Zur Erzielung von matten und zarten Farbtönen durch Beizen qualifizieren sich am besten Ahorn, Erle, Weißbuche und Linde.

Für die Kenntnis der Natur des Holzes in anatomischer und physiologischer Beziehung interessanter sind jene Verfahren, durch welche dem Holze seiner ganzen Masse nach eine fremde Farbe aufgenötigt wird. Hieher gehören die Verfahren von Augustin Delmas in Bordeaux [1]), das Holzimprägnierungs-Verfahren von J. B. Blythe in Bordeaux und Wien [2]), dann das Verfahren von G. A. Onken in Hamburg [3]), und von Pfister-Breuner in Wien.

Von besonderem Interesse ist die Arbeit von Friedrich Goppelsroeder (Basel 1901), „die Kapillaranalyse beruhend auf Kapillaritäts- und Absorptionserscheinungen" mit dem Schlußkapitel: Das Emporsteigen der Farbstoffe in den Pflanzen.

Weiter oben wurde erwähnt, daß zur künstlichen Färbung des Holzes auch die aus den eigentlichen Farbhölzern gewonnenen Farbstoffe benutzt werden. Es sei hier noch die Ergänzung gestattet, daß auch Dekokte oder die beim Dämpfen verschiedener Hölzer sich bildenden Jauchen eine Verwertung zum Färben des Holzes zulassen. Ein solcher Rückstand bei der Behandlung der sogenannten Zedernhölzer wird dazu benützt, um ordinäre inländische Weichhölzer, die zum Fassen der Bleistifte dienen, wie z. B. das Erlenholz, der Farbe und dem Geruche nach dem Zedernholze ähnlicher zu machen.

Wir entnehmen dem „Zentralblatte für das gesamte Forstwesen", VI. Jahrg., 1880 (S. 327), die Notiz, daß man aus dem Pappelholze oder aus dem Stamme der Erica (Besenhaide, Calluna vulgaris) durch Erhitzen mit einer Alaunlösung eine schöne, hellgelbe Flüssigkeit erhält, die durch weitere Filtration etc. eine prächtige goldgelbe Färbung annimmt. Die neue Farbe heißt Ericine. Durch Behandeln mit Eichenrinde wird diese Farbe chamois oder nußbraun und soll sich als Holzbeize gut verwenden lassen.

Damit haben wir uns aber schon sehr dem Gebiete der Holzfärberei genähert, welches uns doch hier zu fern abliegt, da es schon der Technologie im engeren Sinne des Wortes angehört.

§ 10. 2. Glanz des Holzes. Wie jede mehr oder minder glatte Fläche das auffallende Licht reflektiert und dadurch jene Erscheinung zeigt, welche man gemeinhin den Glanz oder das Spiegeln nennt, so erscheint auch bei Hölzern der Glanz oder das Spiegeln, wenn man Flächen, seien sie nun eben oder gekrümmt, durch eine entsprechende Bearbeitung möglichst glättet. Nicht zu verwechseln damit sind jene Erscheinungen, welche man durch das Ueberziehen der Holzfläche mit einer glänzenden, wenn auch noch so dünnen Schicht, z. B. mit Politur, hervorrufen kann. Wenn man aber vom Glanze des Holzes spricht, so meint man damit gewöhnlich nicht jene optische Wirkung, die erst durch eine vorangehende mehr oder minder sorgfältige Bearbeitung erzielt werden kann, sondern man versteht unter dem Glanze oder dem Spiegeln des Holzes gewöhnlich die auf den Spaltflächen, selbst wenn sie durchaus nicht vollkommen eben sind, hervortretenden Reflex-Erscheinungen.

1) „Die mechanische Holzbearbeitung, deren Hilfsmittel und Erzeugnisse", Bericht von W. F. Exner und G. Lauboeck über die Welt-Ausstellung in Paris 1878; Wien 1879, 2. Heft, S. 57.

2) W. F. Exner und G. Lauboeck, Pariser Ausstellungsbericht a. a. O. S. 59.

3) „Zentralblatt für das gesamte Forstwesen", V. Jahrg. 1879 S. 613.

Namentlich ist es die radiale Spaltfläche, auf welcher die Markstrahlen oder Spiegel ihrer Längenausdehnung nach zum Vorscheine kommen, die bei manchen Holzarten einen hohen Glanz zeigen; man nennt deshalb diese Flächen auch Spiegelflächen, das nach Spiegelflächen ausgeformte Holz Spaltholz, Spiegelholz. (Die französische Bezeichnung der Markstrahlen, Spiegel: „miroir" stammt offenbar davon her, daß die vertikale Wandfläche der Markstrahlen eben den Glanz der Holzfläche erhöht. Auch der Ausdruck Mark strahlen rührt vielleicht nebst der strahlenförmigen Richtung, in der sie vom Mittelpunkte des Stammes aus verlaufen, von dieser Eigentümlichkeit her [1]). — Bekanntlich zeichnen sich die Spaltflächen des Ahornholzes durch hohen Glanz aus; ebenso die Radialschnitte des Holunders, der auf der Hirnseite mattbraun erscheint.

Die Markstrahlen machen ihrem Namen wenig Ehre, ja sie verleugnen sogar die Herkunft der Bezeichnung Spiegel in manchen Fällen, indem sie zuweilen den dem Holze an sich zukommenden Glanz vermindern oder ermäßigen, wie bei der Aspe und einigen Pappeln, verschiedenen Pyrus-Arten usw.

Wenn die Markstrahlen als verhältnismäßig große Körper auf der Spaltfläche des Holzes erscheinen, so glänzen sie für sich, und es ist dann nicht die ganze Spaltfläche, welche spiegelartig das Licht reflektiert, es sind vielmehr dem freien Auge sehr auffällig nur die platten Seiten der Markstrahlen, welche spiegeln oder glänzen. Ein prägnantes Beispiel hiefür bildet die Rotbuche, auf deren radialen Spaltflächen die Spiegel als braune Streifen erscheinen, die bei unter einem gewissen Winkel einfallendem Lichte hohen Glanz zeigen, eine Erscheinung, welche sogar als ein Kennzeichen des Rotbuchenholzes aufgefaßt werden kann.

Bei gewissen Hölzern bietet der Glanz der Spiegelfasern ein Moment, welches für die Wertschätzung des Holzes ausschlaggebend ist; so brilliert der Ahornmaser und das sogenannte ungarische Eschenholz an den geebneten Flächen durch den Glanz der zutage tretenden Spiegelfasern in so hohem Maße, wie bei gewissen Seidenstoffen, dem Moirée. Wenn auch die Spiegelfasern in der ganzen Angelegenheit eine entscheidende Rolle spielen, so sind sie es doch nicht allein, welche die Gesamtwirkung herbeiführen, und es ist manchesmal ein kompliziertes Zusammenwirken von Lichtreflex-Erscheinungen, welches gewissen Holzarten ein eigentümliches Gepräge verleiht. So spricht man von einem Silber- oder Metallglanze beim Holze des Götterbaumes, des Ahornbaumes, der Platane, Esche, Robinie usw. Diese Wirkung wird, es kann das nicht überraschen, durch gesteigerte, auf künstlichem Wege erzielte Glättung sehr erhöht. Dies ist z. B. beim Sapeli-Mahagoni-, Atlasholz usw. zu beobachten.

§ 11. 3. Feinheit. Farbe und Glanz des Holzes gehören zu den Gewerbeeigenschaften, d. h. sie nehmen keinen unmittelbaren Einfluß auf die Bearbeitungsfähigkeit des Holzes, aber sie wirken mitbestimmend auf die Wahl und auf den Wert desselben für das künftige Produkt. Die Feinheit des Holzes ist hingegen eine Eigenschaft, welche nicht bloß das Aussehen der Oberfläche mitbestimmt, sondern auch die Methoden der Bearbeitung des Holzes ebensosehr wie den künftigen Gebrauchswert des fertigen Produktes bedingt.

Nach dem Sprachgebrauche versteht man unter feinen Hölzern solche, welche mit freiem Auge keinerlei Einzelheiten des Baues oder diese nur höchst unvollkommen erkennen lassen. Bei diesen Hölzern sind im Querschnitte die Jahrringe und im

1) Ueber die Natur der Markstrahlen vergl. Dr. Theodor Hartig, Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen, Berlin 1878 (S. 168 u. ff.) und Dr. J. Reinke, Lehrbuch der allgemeinen Botanik mit Einschluß der Pflanzen-Physiologie, Berlin 1880 (S. 268 u. ff.).

Längsschnitte das Spätholz vom Frühjahrsholze kaum zu unterscheiden. In einem solchen Holze sind die Größenunterschiede sowohl zwischen den verschiedenen Zellenarten sehr gering, als auch zwischen gleichnamigen Zellen an verschiedenen Orten, in verschiedenen Jahrringen, in altem und in jungem Holze. Die absolute Größe der Zellen ist dabei weniger entscheidend. Ein Holz kann großzellig, demnach weich, aber dennoch sehr fein sein (Lindenholz); freilich wird ein ähnlich zusammengesetztes, aber aus kleinen und zarten Elementen aufgebautes Holz in noch höherem Grade als fein angesprochen (Buchsholz). Je geringer der Unterschied in den Dimensionen der einzelnen Elemente des Holzes, wozu auch die Dicke der Zellwände gehört, ist, desto weniger wird durch eine Häufung gleichartiger Zellen die Feinheit des Holzes beeinträchtigt und umgekehrt. Von diesem Gesichtspunkte aus ist auch die Ausgeglichenheit der Jahrringe zu betrachten, worauf nicht nur die Organisation der Holzart, sondern auch die klimatischen Verhältnisse Einfluß nehmen, unter denen das Holz erwachsen ist. Endlich sind in feinen Hölzern die Holzstränge einander so stark genähert, daß die Markstrahlen auf dem Querschnitte unkenntlich sind; auch müssen die Markstrahlenzellen den Dimensionen nach sich den Holzparenchymzellen nähern, die Markstrahlen von geringer Höhe daher mit den Strängen enge verflochten sein. Die Feinheit des Holzes ist im allgemeinen, wie aus dem Gesagten hervorgeht, für eine gegebene Holzart eine gegebene, kann aber bei jeder Holzart durch die Wachstumsverhältnisse in ihrem Grade modifiziert erscheinen. Aus dem Vorangehenden leitet sich von selbst die Vorstellung von dem „groben" Holze ab, indem dies die eben für das feine Holz angeführten Kennzeichen nicht besitzt, welches also makroskopisch die Gefäßporen zeigt, welches auffällig gezeichnet ist durch die gruppenweise Anordnung der Elemente, durch die scharfe Ausprägung und ungleiche Beschaffenheit der Vegetationsperioden, welches endlich auffallend breite oder hohe Markstrahlen besitzt. Typische Beispiele groben Holzes sind Eiche, Zürgelbaum (Celtis), Nuß, Ulme usw.

Es wäre ein großer Irrtum, wollte man annehmen, daß die nach der vorangehenden Erklärung als grob anzusprechenden Hölzer für gewerbliche Vollendungsarbeiten wenig geeignet seien. Grobe Hölzer, die sich dem Auge sofort als solche darstellen und sich auf den Hobel-, Drechsel- oder Fräsflächen rauh anfühlen, lassen sich mitunter sehr gut polieren, indem das Poliermittel auf der Oberfläche des groben Holzes in den Poren in größerer Menge zurückgehalten wird, als dies bei den feinen Hölzern, an denen es weniger haftet, der Fall ist[1]).

§ 12. 4. Textur, Zeichnung, Flader, Maser. Der Ausdruck Textur des Holzes ist synonym mit Struktur oder bedeutet beiläufig das anatomische Gefüge des Holzes. Die Gewerbetreibenden jedoch, welche Holz verarbeiten, gebrauchen den Ausdruck Textur häufig für die aus dem inneren Baue des Holzes hervorgehende äußere Erscheinung auf den angearbeiteten Flächen. Man verwechselt also dabei die Ursache mit der Wirkung, indem tatsächlich die Zeichnung auf der Holzfläche das in die Erscheinung tretende Bild des Gefüges des Körpers ist. Je gröber das Holz nach der weiter oben gegebenen Definition, desto deutlicher die Zeichnung oder nach dem Sprachgebrauche die Textur. Der buchstäbliche Sinn des Wortes Textur: Gewebe, also hier Holzgewebe, deckt sich nicht einmal vollständig mit der Ursache der Erscheinung, daß auf den Holzflächen dem unbewaffneten Auge eine Zeichnung erscheint, denn in der Zeichnung drücken sich mehr oder minder deutlich die Unterschiede zwischen Herbst- und Frühjahrsschicht im Jahrringe, die

1) Vergl. bei Dr. Josef Moeller a. a. O., 1. Teil (S. 74 u. ff.).

Poren und die Markstrahlen je nach den Dimensionen und dem Grade der Färbung aus.

Die Zeichnung des Holzes ist demnach bei regelmäßig erwachsenen Bäumen eine andere im Querschnitte, eine andere im radialen Längsschnitte und wieder eine andere im tangentialen oder Sehnen-Längsschnitte. (Es sei hier ein- für allemal bemerkt, daß wir in dieser Abhandlung nur von den dikotyledonen Bäumen sprechen, da das Holz der Palmen nur eine sehr untergeordnete, man könnte sagen ausnahmsweise Verwendung in der europäischen Technik findet.) Demnach ist das charakteristische Merkmal der Zeichnung des Hirnschnittes der Ringbau, das der beiden Längsschnitte die parallele Streifung, welche beim radialen Längsschnitte vollkommener als beim Sehnen-Längsschnitte auftritt.

Ohne uns weiter in die Details zu verlieren, sei hier nur hervorgehoben, daß in der Holzindustrie die Zeichnung des Hirnschnittes verhältnismäßig selten auftritt; wohl kommt der Hirnschnitt des Holzes bei Eckverbindungen zum Vorscheine, auch bei Holzskulpturen und bei den diese vertretenden Holzpressungen, beim Stiftenmosaik, dem Holzstöckelpflaster, dann bei einer in neuester Zeit aufgetauchten Art von Parquetten. In weit überwiegendem Maße jedoch ist es die Zeichnung, welche auf tangentialen oder richtiger Sehnen-Längsschnitt-Flächen des Holzes zum Vorschein kommt, die unser Interesse erregt und verdient. Pfosten oder Dielen, Staffelholz und Bretter, Tavoletti und Fourniere zeigen auf ihren Oberflächen die Zeichnung des Sehnenlängsschnittes der Holzstämme. Bei den fournierten Möbeln wird das ganze blinde Holzgerüste und somit auch bei den Holzverbindungen die hie und da auftretende Hirnfläche mit Längsholz bedeckt.

Ist das Holz normal erwachsen oder „schlicht", so heißt die Zeichnung des Holzes, oder soll wenigstens ausnahmslos so genannt werden, der Flader.

An der Gabelung des Baumstammes, d. i. an der Stelle, wo die Kronenbildung beginnt, ferner überall dort, wo ein Ast aus dem Stamme abzweigt, hören die dunkel gefärbten Grenzen der Jahrringe (die Herbstholzschichten) auf, geradlinig zu verlaufen. Die Zeichnung von aus diesen Teilen des Baumes entnommenen Holzsortimenten wird in gewissen Fällen besonders geschätzt, so z. B. bezahlt man die Fourniere aus dem Gabelungsteile des Mahagonistammes mit bedeutend höheren Preisen als die schlichten, in der Zeichnung reizlosen Stücke aus dem geradwüchsigen Stamme; man nennt diese Art von Mahagoni-Fournieren Blumen- oder Pyramiden-Mahagoni [1]).

Bei unregelmäßigem Wachstume, möge es veranlaßt sein durch natürliche Hindernisse, wie Aeste, schlafende Augen, oder durch Verwundungen aller Art, werden die Jahrringe in ihrer Entwicklung in mannigfacher und mitunter in höchst abenteuerlicher Weise verändert. Die durch unregelmäßiges Wachstum entstehenden Holzbildungen nennt man wimmerig oder maserig und die durch dasselbe bedingte Zeichnung der Schnittflächen: Maser.

Der wimmerige Wuchs ist strenge genommen ein Fehler des Holzes und gilt auch als solcher bei Bauholz und bei Schnittware. Vielfach, namentlich für Zwecke der Kunsttischlerei und Drechslerei, ist jedoch der Maser ein geschätztes Vorkommen und zwar umsomehr, je stärker er entwickelt ist [2]). Für fournierte Möbel bildet die abwechselnde Verwendung von schlichten und Maserfournieren, so z. B. die ersteren bei Friesen, die letzteren bei Füllungen, ein oft verwendetes, wirkungsvolles Motiv. Der Wert von Maserfournieren kann durch die phantastische Zeichnung ein sehr

---

1) Vergl. G. Marchet und W. F. Exner, Die Holzindustrie der Ostseeländer. Kapitel Hamburg. Weimar 1864.

2) Vergl. Nördlinger a. a. O. (S. 498 u. ff.).

hoher werden und namentlich ist es das Emporium der Fournier-Erzeugung, Paris, welches vor noch kurzer Zeit mitunter enorme Summen für knorrige Stammauswüchse (loupes) bezahlte. Wäre die Zeitdauer, welche zur Entstehung von Maserwüchsen notwendig ist, nicht eine so enorm lange, daß während derselben der Geschmack der Konsumenten öfter wechselt, so würde man wohl die künstliche, richtiger absichtlich hervorgerufene Bildung von Maserwüchsen ernstlich ins Auge gefaßt haben.

Ein interessanter Fall des wimmerigen Wuchses, der ein bestimmtes Holzvorkommen betrifft, ist unter der Bezeichnung „ungarisches Eschenholz" in der Industrie bekannt. Dasselbe wird zu Fournieren für die Kunsttischlerei verarbeitet und übertrifft an Schönheit der Zeichnung, erhöht durch prächtigen Seidenglanz regelmäßig verteilter Partien, das Atlasholz (satin wood). Andere besonders schöne Maserbildungen, die in der Technik von Wert sind, findet man an der Wurzel von Buchs (Tabaksdosen), an Stöcken und dem Wurzelhals von Erlen, an Kopfholzstämmen von Ulmen, Erlen (auserlesene Fourniere) etc., am Stamme von Birken (Birkenmaser, Pfeifenköpfe), von Nußbäumen und Ahornen (der hochgeschätzte Vogelaugenmaser von dem amerikanischen Zuckerahorn), am Stamme mehrerer Pterocarpus-Arten (P. indicus, P. saxatilis u. a.), welche unter dem Namen Amboina-Maser oder Amboëne aus Indien und den ostasiatischen Inseln nach Europa, besonders nach Frankreich eingeführt werden. Der Rohstoff einer bekannten französischen Spezial-Industrie, welche übrigens auch in Belgien und Wien eine zeitlang blühte, ist das sogenannte Bruyère-Holz. Dieses Holz stammt von der maserwüchsigen Wurzel der Erica arborea (Baumheide). Dieses Wurzelholz von fleisch- oder ziegelroter Farbe, welches aus Spanien, dem südlichen Frankreich und aus Korsika in den Handel kommt, bildet ein vorzügliches Material für Pfeifen, indem einerseits der hochgradige Maserwuchs das Springen der Pfeife während der großen Erhitzung verhindert, andererseits der bedeutende Kieselsäuregehalt eine schwere Verbrennbarkeit begründet [1]).

Wimmeriger Wuchs oder Maserwuchs und sonstige physiologisch nicht aufgeklärte Abnormitäten im Wachstume, in der Verteilung von Farbstoffen, Harzen u. dgl. führen zu verschiedenen Erscheinungen in der Zeichnung, welche vorübergehend eine gewisse Bedeutung erlangen, wobei natürlich die Mode ein ausschlaggebendes Moment bildet. Der wellenförmige Verlauf der Holzringe (auf dem Querschnitte sichtbar) und das dadurch verursachte flammige Aussehen auf den radialen Spaltflächen sucht Nördlinger in einer Abhandlung über den „Rindedruck" im Oktoberheft 1880 des „Zentralblatt f. d. ges. Forstwesen" zu erklären. Später (1882) hat Krabbe in der Königl. Preußischen Akademie der Wissenschaften eine Untersuchung über die Rindenspannung und deren Beziehungen zur Jahrringbildung veröffentlicht, welche Nördlingers Auffassung teilweise in Frage stellt.

Von dem hochgeschätzten Mahagoni-Holze kommen im Handel, ganz besonders von Paris aus, Mahagoni-Sorten vor, die ihren Namen nicht von der Provenienz erhielten, wie Kuba-, Jamaika-, Haiti-, Yucatan-, Tabasco-, Laguna-, St. Domingo-, Porto Plata-, Honduras-Mahagoni etc., sondern von ihrer Zeichnung. So z. B.: Acajou moucheté, Acajou ronçeux, A. branché, A. condé. Solche auffällige Zeichnungen verschaffen gewissen Gattungen eine vorübergehend gesteigerte Verwendung, eine Art Blüteperiode. Häufig verschwinden solche Industriehölzer aber wieder so rasch aus dem Verkehre, daß man kaum die Zeit findet, ihre botanische oder geo-

1) Vergl. Dr. Joseph Moeller a. a. O. (S. 164 u. ff.).

graphische Herkunft zu eruieren. Hölzer dieser Kategorie sind das Ziricota-Holz, das geperlte Holz, das grüne Havanna- oder Haiti-Holz, das Tiger-Holz, das Partridge-Holz usw.

§ 13. 5. Geruch des Holzes. Im grünen frischen Zustande hat jedes Holz einen eigentümlichen Geruch, der mitunter sehr kräftig und für das Holz charakteristisch ist. Bei vielen Hölzern verliert sich dieser Geruch mit der Austrocknung derselben und nur wenige unter jenen Hölzern, die auch im trockenen Zustande wohlriechend sind, verdanken dieser Gewerbseigenschaft einen erhöhten technischen Wert.

Die ätherischen Oele, welche die Ursache des Wohlgeruches einer Reihe von Hölzern bilden, sind nur in einigen wenigen Fällen genau erforscht. Meistens nur dann, wenn diese ätherischen Oele selbst als Produkt aus den betreffenden Hölzern gewonnen und weiter verwertet werden. Diese Gruppe von Fällen kommt hier aber nicht in Betracht, wir haben nur darauf aufmerksam zu machen, daß der Gehalt an gewissen wohlriechenden Stoffen für bestimmte Hölzer in gewerblicher Beziehung charakteristisch geworden ist.

In erster Linie stehen diesbezüglich die Nadelhölzer. Ihr Gehalt an Terpentinen verleiht ihnen einen auffälligen, mitunter köstlichen Geruch. Bekannte Beispiele bilden die sogenannten Zedernhölzer und das Wachholderholz, besonders vom virginischen Wachholder (Juniperus virginiana, fälschlich Zedernholz genannt), welche Hölzer unter anderem ihres Geruches wegen für manche Verwendungen spezifisch geworden sind; so als Bleistiftholz, als Materiale für die Laden von Schmuckkästen und sonstigen hochfeinen Möbeln, für allerlei Galanteriewaren, für Zigarrenkisten u. dgl. m.

Von den in Europa heimischen Nadelhölzern ist es besonders das Zirbenholz, welches sich durch einen edlen, bestechenden Geruch auszeichnet.

Bei manchen Nadelhölzern kann jedoch der übermäßige Terpentin-Reichtum sogar ein Ausschließungsgrund für technische Verwendungen sein, und es ist dann die Ursache des Wohlgeruches ein Uebelstand, welchen der Geruch selbst wett zu machen nicht hinreicht.

Die wohlriechenden Hölzer im engeren Sinne des Wortes, das sind solche, welche ihre technische Verwendung vor allem ihrem Geruche verdanken, stammen meistens aus anderen Klimaten; hieher gehören das australische Veilchenholz und das den Gegenstand wichtiger Kulturen in Oesterreich bildende Weichselrohr.

Das letztere sind die Triebe der Mahaleb-Kirsche (Prunus mahaleb), welche bei dem in Baden bei Wien eingehaltenen Kulturverfahren im Holze und in der Rinde einen köstlichen Geruch besitzen, der nach der Ansicht Moellers von dem Gehalte an Kumarin oder eines diesem ähnlichen ätherischen Oeles herrührt. Das Weichselrohr, richtiger Mahaleb-Kirschenholz, wird nicht nur zu Pfeifenröhren, sondern auch zu Holzgalanteriewaren aller Art, Spazier- und Schirmstöcken, Reitgerten, Fächern, Papiermessern etc. verwendet.

In der ostasiatischen Industrie spielt eine Rolle ersten Ranges das wohlriechende gelbe Sandelholz, welches übrigens ein vortreffliches Schnitzereiholz ist. Die Vorliebe und damit die eifrige Suche nach wohlriechenden Hölzern und deren Verwendung insbesondere in der Marqueterie-Arbeit hat ziemlich nachgelassen, und die verschiedenen Arten von Veilchenholz, das Moschusholz u. dgl. sind nicht mehr sehr in der Mode.

Es darf hier nicht unerwähnt bleiben, daß der bei Laubhölzern häufig auf-

tretende Gehalt an Gerbstoff manchen Holzarten einen auffallenden Geruch nach Gerberlohe verleiht. Häring, den wir schon an anderer Stelle zitiert haben, reklamiert diesen Geruch sogar als ein Kennzeichen der guten Qualität des Eichenholzes. Von unseren einheimischen Holzarten hat das Holz des gemeinen Schneeballs (Viburnum opulus) einen höchst widerwärtigen Geruch.

Eine auffallende Erscheinung, welche mit dem Geruche der Hölzer zusammenhängt, mag hier noch flüchtige Erwähnung finden. Ein Baum, welcher in Ostasien Bestände von enormer Ausdehnung bildet, ist der Kampferlorbeerbaum (Laurus camphora); dieser Baum enthält in allen seinen Teilen, besonders aber auch in seinem Holze ein schon bei gewöhnlicher Temperatur festes ätherisches Oel, das fast wie Alabaster aussieht und bei geringen Quantitäten einen sehr angenehmen Geruch besitzt. Der sogenannte Japan-Kampfer wird aus den Teilen des genannten Baumes durch Destillation gewonnen. Bewahrt man Kampferholz in geschlossenen Gefäßen auf, so überziehen sich die Innenseiten der Wandungen mit Kampferkriställchen, welche durch Sublimation von selbst entstanden sind.

Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich am frischen Holze des virginischen Wachholders, welches sich mit einer dünnen Schichte feinster weißer Kriställchen überzieht.

II. Materieller Zustand des Holzes.

§ 14. Während im ersten Abschnitte nur die äußere Erscheinung des Holzes behandelt wurde, welche allerdings in enger Beziehung mit der substanziellen Zusammensetzung steht, soll nun die Substanz selbst vom physikalischen Standpunkte aus erörtert werden. Auch hier wollen wir von den anatomischen und physiologischen Verhältnissen des lebenden Baumes möglichst abstrahieren und die Holzsubstanz, so wie sie ist, nach den technisch wichtigen physikalischen Eigenschaften beschreiben.

Viele physikalische Eigenschaften, wie die Wärmeleitungsfähigkeit [1]), haben nur eine sehr untergeordnete technische Bedeutung; dagegen ist es ein bestimmter Komplex von physikalischen Eigenschaften, welcher nicht nur auf die Verwendung des Holzes zu technischen Zwecken und daher auf dessen Auswahl und Wert den bestimmendsten Einfluß nimmt, sondern auch den aus Holz angefertigten Gegenständen eine bestimmte Beschaffenheit verleiht. Das Holz als Rohstoff für die Industrie wird durch die hier in Erörterung zu ziehende Gruppe von physikalischen Eigenschaften so beherrscht, daß der Handwerker, der Industrielle oder der Techniker im weitesten Sinne des Wortes diese Eigenschaftsgruppe mit den aus ihr resultierenden Verhältnissen sich stets gegenwärtig halten muß. Diese Gruppe von Eigenschaften hat das Eigentümliche, daß unter den einzelnen Eigenschaften ein durch keinerlei Mittel aufzuhebender Zusammenhang besteht, und wenn man mit der Be-

---

1) Vergl. Moeller a. a. O. S. 107.

Nach Wiedemann's mit großer Sorgfalt ausgeführten Versuchen über Wärmeleitungsfähigkeit verhält sich diese zum besten Wärmeleiter, diesen = 1000 gesetzt, wie folgt:

Ahorn — Faserrichtung		192
„ — senkrecht hierauf, radial		86
„ „	tangential	85
Eichen — Faserrichtung		161
„ „	radial	75
„ „	tangential	86
Buchsbaum — Faserrichtung		135
„ „	tangential	96

(Poggendorff's Annalen, Ergänzung VIII, S. 175.)

sprechung einer dieser Eigenschaften beginnt, so muß man sogleich auch die mit derselben in Konnexität stehenden anderen Eigenschaften ins Auge fassen.

Diese Eigenschaften sind: Die Dichte oder das spezifische Gewicht, der Wasser- oder Feuchtigkeits-Gehalt, die Veränderlichkeit des letzteren, welche zugleich die Veränderlichkeit der Dichte zur unmittelbaren Folge hat; die Veränderlichkeit des Volumens, welche ebenso wie die Veränderlichkeit des Gewichtes mit der Veränderung des Feuchtigkeitsgehaltes zusammenhängt.

Die Veränderlichkeit des Volumens, welche sich als Verkleinerung oder Vergrößerung des Volumens äußern kann, als: Schwindung oder Schrumpfung einerseits und als Quellung andererseits, vollzieht sich nicht in einer nach allen Richtungen hin gleichen Weise, vielmehr ändern sich die Dimensionen sowohl bei der Schwindung als bei der Quellung in verschiedenem Grade, was eine Veränderlichkeit der Gestalt zur Folge hat. Diese Gestaltsveränderungen, welche die verschiedensten Bezeichnungen führen, können auch in letzter Linie die Aufhebung des Zusammenhanges der einzelnen Teile des Holzstückes, also die Ueberwindung der Kohäsion, herbeiführen.

Es besteht also eine Konnexität zwischen Dichte, Feuchtigkeitsgehalt, Volumen und Gestalt derart, daß jede Aenderung in der einen Richtung eine Aenderung in allen anderen als unausbleibliche Konsequenz nach sich zieht. Die Konnexität der Eigenschaften in dieser Gruppe physikalischer Verhältnisse erschwert und kompliziert die Erforschung oder auch nur die Ermittlung eines bestimmten Datums bezüglich einer Eigenschaft in außerordentlichem Maße. Der Praktiker sagt, das Holz sei „lebendig", und er ist damit vollständig im Rechte. Das Holz ist ein organisierter Körper und der Organismus fungiert in gewissem Sinne fort auf lange Dauer. Erst wenn eine Zerstörung des Organismus durch Fäulnis oder Verkohlung eintritt, wird die Konnexität jener Eigenschaften mehr oder minder aufgehoben.

§ 15. 1. Dichte oder spezifisches Gewicht (Raumgewicht) des Holzes. Das Mischungsverhältnis der das Holz zusammensetzenden Elementar-Bestandteile ist in verschiedenen Teilen des Holzkörpers ein verschiedenes. Neben der Holzsubstanz kommen viele andere Stoffe im Holze vor und überdies besteht nirgends das Holz aus einer zusammenhängenden, lückenlosen Masse. Es bestehen im Gegenteile viele das Holz durchsetzende, mit Luft oder Wasser gefüllte Hohlräume (Zellen und Gefäße), welche gruppenweise oder auch zerstreut auftreten. Der im Holze überwiegend vorkommende Stoff, oder richtiger der das Holzgerüste bildende Stoff ist die Holzfaser.

Man kann im Wege des Versuches die Holzfaser ziemlich von den anderen substanziellen Bestandteilen trennen und das spezifische Gewicht der kompakten, ohne Zwischenräume gedachten Holzmasse ermitteln. Dasselbe beträgt nach den übereinstimmenden Untersuchungen von Sachs und R. Hartig („Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institute zu München", 2. Heft) für Eiche, Buche, Birke, Fichte und Kiefer gleichförmig 1,56. Dabei ist ein Unterschied zwischen Kern- und Splintholz desselben Stammes nicht bemerkbar.

Dieses spezifische Gewicht der Holzfaser hat jedoch keinerlei technische Wichtigkeit und ist daher auch nicht als technische Eigenschaft aufzufassen. Man versteht vielmehr unter der Dichte des Holzes wie unter dessen spezifischem Gewichte jene Zahl, welche ausdrückt, wie viel mal größer oder kleiner das absolute Gewicht des Holzes, wie es besteht, ist, als ein gleich großes Volumen chemisch reinen Wassers von der Temperatur von 4 ° C.

Die im Wege des Experimentes gefundene Ziffer gilt nur für das der Ermittlung selbst unterzogene Versuchsstück und nur für den Moment, in welchem das Versuchsergebnis durch die Beobachtung zum Vorschein kommt. Richtig ist die erhaltene Ziffer auch nur dann, wenn durch den Versuch selbst der Feuchtigkeitsgehalt nicht geändert wurde. Es ist auch nur unter gewissen Voraussetzungen gestattet, aus dem durch den Versuch ermittelten spezifischen Gewichte eines Probestückes auf die Dichte des größeren Holzkörpers, dem das Probestück entnommen wurde, einen Schluß zu ziehen oder die abgeleitete Ziffer für eine längere Zeitperiode gegenüber dem betreffenden Holzkörper als giltig anzunehmen.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß man zwischen der wissenschaftlichen Untersuchung der Dichte des Holzes im Dienste der Forschung und zwischen der Bestimmung des spezifischen Gewichtes zu irgend welchem praktischen Ziele wohl unterscheiden muß.

Die erstere muß auf alle Umstände Bedacht nehmen und kann ohne Gegenüberhalt der mit der Dichte konnexen physikalischen Eigenschaften gar nicht behandelt werden; die letztere wird sich mit einer mehr oder minder scharfen Methode begnügen, um ein Näherungsresultat zu erlangen, das für den gedachten technischen Zweck genügende Anhaltspunkte bietet.

Wir wollen uns vorerst gerade der zuletzt angeführten, mehr empirischen Seite der Frage zuwenden.

Es ist einleuchtend und allgemein bekannt, daß das Holz im lebenden Baume oder unmittelbar nach der Fällung, das Holz „im Safte" bedeutend schwerer sein muß als trockenes Holz, da dasselbe teils in den Zellhohlräumen, teils in den Zellwandungen eine verhältnismäßig große Menge von Wasser enthält. Je länger der Trocknungsprozeß gedauert hat, desto mehr Wasser hat das Holz verloren, desto leichter ist es geworden. Das Holz im lebenden Baume oder unmittelbar nach der Fällung heißt waldgrünes oder g r ü n e s Holz, dessen Dichte G r ü n g e w i c h t. Durch die natürliche Trocknung im Freien entweicht ein großer Teil des in den Zellenräumen enthaltenen Wassers, dieses wird durch Luft ersetzt und nach einer gewissen Zeit tritt ein Zustand relativer Trockenheit ein, in welchem man das Holz l u f t t r o c k e n nennt, dessen Dichte heißt dann L u f t t r o c k e n g e w i c h t. Allein auch die im lufttrockenen Holze enthaltene Wassermenge ist noch immer ziemlich beträchtlich. Wenn man daher das spezifische Gewicht möglichst wasserfreien Holzes erfahren will, so muß das Holz durch Zufuhr von Wärme „k ü n s t l i c h" g e t r o c k n e t werden. Man geht dabei gewöhnlich nicht höher als auf eine Temperatur von 100° C. und setzt das Verfahren so lange fort, bis eine Abnahme des Gewichtes durch Verdunstung des Wassers nicht mehr wahrgenommen wird. Man nennt das so getrocknete Holz: k ü n s t l i c h g e t r o c k n e t e s, g e d a r r t e s oder a b s o l u t t r o c k e n e s und die Dichte könnte kurz mit D a r r g e w i c h t bezeichnet werden.

Für den Bedarf der Technik genügt meistens die Angabe des Lufttrockengewichtes. Die Danebenstellung des Grüngewichtes hat schon wenig Wert, des Darrgewichtes bedarf man in der Praxis schon gar nicht. Wohl aber ist das D a r r g e w i c h t (s p e z i f i s c h e A b s o l u t t r o c k e n g e w i c h t) für die Zwecke der w i s s e n s c h a f t l i c h e n F o r s c h u n g von g r ö ß t e r W i c h t i g k e i t und nicht zu umgehen, da es a l l e i n eine feststehende, von dem Einflusse des variablen Wassergehaltes befreite Größe darstellt. Holz, das längere Zeit in trockenen, zeitweilig geheizten Räumen (Zimmern) aufbewahrt wurde, hat einen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 10 bis 13 % (es ist zimmertrocken); Holz in geschlossenen Schuppen

einen solchen von etwa 13 bis 17% (lufttrocken). Holz in feuchten Räumen, im Freien unter Dach oder in Kellern aufbewahrt, zeigt schließlich einen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 17 bis 22% (kellerfeucht).

Mit Rücksicht auf die Labilität des lufttrockenen Gewichtes, das sich ja jeden Augenblick mit dem Feuchtigkeitsgehalte der atmosphärischen Luft ändert, mit Rücksicht auf den Umstand, daß die spezifischen Gewichte im grünen und lufttrockenen Zustande innerhalb derselben Holzart mit der Exposition des Baumes, mit der Jahreszeit, mit dem Klima, mit der örtlichen Lage im Baume selbst schwanken, endlich im Hinblicke auf die unvermeidlichen Beobachtungsfehler bei den gewöhnlichen Bestimmungsmethoden ist es zweckmäßig, die Dichten nach Grenzwerten anzugeben.

Tabelle I.

Namen der Holzarten	Spezifisches Gewicht			
	Grün		Lufttrocken	
	Grenzen	Mittelzahl	Grenzen	Mittelzahl
Ahorn (Bergahorn, Acer pseudoplatanus L.)	0,83—1,04	0,94	0,53—0,79	0,66
„ (Feldahorn, Acer campestre L.)	0,87—1,05	0,96	0,61—0,74	0,68
„ (Spitzahorn, Acer platanoides L.)	0,90—1,02	0,96	0,56—0,81	0,69
Akazie (Robinia Pseudacacia L.)	0,75—1,00	0,88	0,58—0,85	0,75
Apfelbaum (Pyrus malus L.)	0,95—1,26	1,11	0,66—0,84	0,75
Aspe (Populus tremula L.)	0,61—0,99	0,80	0,43—0,56	0,50
Birke (Weißbirke, Betula alba L.	0,80—1,09	0,95	0,51—0,77	0,64
Birnbaum (Pyrus communis L.)	0,96—1,07	1,02	0,71—0,73	0,72
Buche (Rotbuche, Fagus sylvatica L.)	0,90—1,12	1,01	0,66—0,83	0,75
Cypresse (Cupressus fastigiata DC.)	—	—	—	0,66
Edelkastanie (Castanea vesca Gärtn.)	0,84—1,14	0,99	0,60—0,72	0,66
Eibenbaum (Taxus baccata L.)	0,97—1,10	1,04	0,74—0,94	0,84
Eiche (Stieleiche, Quercus pedunculata Erh.)	0,93—1,28	1,11	0,69—1,03	0,76
„ (Traubeneiche, Quercus sessiliflora Lm.)	0,87—1,16	1,02	0,53—0,96	0,75
Elsbeerbaum (Sorbus torminalis Crantz)	0,87—1,13	1,00	0,69—0,89	0,79
Erle (Schwarzerle, Alnus glutinosa Gärtn.)	0,63—1,01	0,82	0,42—0,64	0,53
Esche (Fraxinus excelsior L.)	0,70—1,14	0,92	0,57—0,94	0,76
Feldrüster (Ulmus campestris L.)	0,73—1,18	0,96	0,56—0,82	0,69
Fichte (Rottanne, Picea excelsa Lk.)	0,40—1,07	0,74	0,35—0,60	0,48
Föhre (Weißföhre, gemeine Kiefer, Pinus sylvestris L.)	0,38—1,03	0,70	0,31—0,74	0,52
„ (Schwarzkiefer, Pinus laricio var. austriaca Tratt.)	0,90—1,11	1,00	0,38—0,76	0,57
„ (Weymouthskiefer, Pinus Strobus L.)	0,45—1,02	0,74	0,31—0,56	0,40
„ (Zirbelkiefer, Pinus Cembra L.)	—	0,88	—	0,44
Hopfenbuche (Ostrya vulgaris Willd.)	—	1,05	—	0,84
Kirschbaum (Prunus avium L.)	0,65—1,05	0,93	0,57—0,78	0,64
Lärche (Larix europaea D. C.)	0,52—1.00	0,81	0.44—0,80	0.60
Linde, kleinblättrige (Tilia parvifolia Ehrh.)	0,61—0,87	0,74	0,32—0,59	0,46
Maulbeerbaum (Morus nigra L.)	0,87—1,18	1,02	—	0,82
Mehlbeerbaum (Sorbus Aria Crantz)	1,02—1,21	1,12	0,73—1,02	0,88
Oelbaum (Olea europaea L.)	—	—	0,84—1,12	0,98
Pappeln (Populus sp.)	—	0,75	—	0,43
Platane (Platanus occidentalis L.)	0,78—0,99	0,89	0,61—0,68	0,65
Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum L.)	0,76—1,04	0,90	0,52—0,63	0,58
Salweide (Salix caprea L.)	0,73—0,97	0,85	0,43—0,63	0,53
Tanne (Weißtanne, Edeltanne, Abies pectinata DC.)	0,77—1,23	1,00	0,37—0,60	0,45
Wachholder (Juniperus communis L.)	1,02—1,12	1,07	0,53—0,70	0,62
Wallnußbaum (Juglans regia L.)	0,91—0,92	0,92	0,65—0,71	0,68
Weiden (Salix sp.)	—	0,78	—	0,46
Weißbuche (Carpinus Betulus L.)	0,92—1,25	1,09	0,62—0,82	0,82
Zwetschgenbaum (Pflaumenbaum, Prunus domestica L.)	0,87—1,17	1,02	0,68—0,90	0,80

Das Grüngewicht der fremdländischen Hölzer ist nur in sehr wenigen vereinzelten Fällen bekannt, und wir müssen uns daher darauf beschränken, die mittlere Dichte im lufttrockenen Zustande nach einer Zusammenstellung von Moeller u. a. hier vorzuführen:

Holzart.	Dichte.
Amaranth (Copaifera bracteata) . . .	0,9
Bambus (Bambusa)	0,4
Brasilienholz (Caesalpinia brasiliensis) . .	1,1
Bruyère (Erica arborea)	1,0
Cocoholz (Inga vera)	1,3
Ebenholz, schwarzes (Diospyros Ebenum)	1,2
Eisenholz (Mesua sp.)	1,1
Fernambuk (Caesalpinia echinata) . . .	0,8
Grenadille (Brya Ebenus) (Dalbergia)	1,1—1,3
Grünholz (Nectandra sp.)	1,0
Guajak (Guajacum officinale) . . .	0,7—1,4
Jacaranda (Jacarandra brasiliensis) . .	0,7
Kokus (Lepidostachys Roxburghii) . . .	1,4
Mahagoni (Swietenia Mahagoni) . . .	0,6—0,9
Padouk (Pterocarpus indicus)	0,7
Rosenholz (Convolvulus scoparius) . . .	1,0
Satinholz (Ferolia guyanensis)	1,0
Teak (Tectona grandis)	0,8
Veilchenholz (Acacia homalophylla) . .	1,1
Zebraholz (Omphalobium Lamberti) . .	1,1

Die hier eingeschalteten Tabellen dürften für die technische Praxis vollständig ausreichen. Die Forstleute und Holzhändler, sowie die Holzindustriellen legen wohl den Daten über spezifisches Gewicht eine höhere Bedeutung bei als die Ingenieure, indem dieses direkt auf die Verwendung und die Transportkosten Einfluß nimmt, andererseits als ein Wertmesser für die Härte, Festigkeit, Dauer, Brennkraft etc. gilt. Um den Stand der Auffassung, die der gebildete Forstwirt von der Rolle hat, welche die Dichte des Holzes spielt, zu charakterisieren, verweisen wir auf Gayers Forstbenutzung, in welchem Werke ausführlich berichtet wird, von welchen Faktoren die Dichte des Holzes abhängig ist, resp. welche Umstände maßgebenden Einfluß auf das spezifische Gewicht einer Holzart nehmen.

Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes zum Behufe der Erlangung von beiläufig richtigen Ziffern mit Ausschluß der durch wissenschaftliche Zwecke gegebenen Aufgaben erfolgt nach den allgemein gebräuchlichen Methoden unter der Einhaltung gewisser, durch die Natur des Holzes gegebener Vorschriften [1]).

§ 16. 2. Der Wassergehalt. Das grüne oder frische Holz enthält beiläufig zur Hälfte seines Gewichtes Wasser. So schreibt man den harten Laubhölzern einen Jahresdurchschnitt an perzentualem Wassergehalt von 42, den weichen Laubhölzern von 52 und den Nadelhölzern von 57 Gewichtsteilen zu. Das Wasser, welches im grünen Holze enthalten ist, füllt die Zellräume zum großen Teile aus und durchdringt die Zellwände. Nach der Fällung des Holzes beginnt sofort eine Wasserabgabe an die atmosphärische Luft, welche quantitativ stets abnimmt. Das Imbibitions-Wasser wird so lange verdunsten, bis ein gewisser Gleichgewichts-

1) Vergl. Nördlinger a. a. O. (S. 115 u. ff.).

zustand zwischen der Spannung der atmosphärischen Luft und dem Verdunstungsstreben des Wassers im Holze eintritt: Das Holz ist lufttrocken geworden, enthält aber in diesem Zustande, wie oben angegeben wurde, noch immer eine bedeutende Quantität Wasser, deren Größe von der wasserhaltenden Kraft verschiedener Zellmembranen und Inhaltsstoffe abhängt. Dieses im lufttrockenen Holze enthaltene Wasser kann man mit Recht hygroskopisches Wasser nennen, indem sich der Gehalt desselben mit dem Feuchtigkeitszustande der Luft proportional ändert. Die Wasserhaltungskraft des Holzes ist je nach der Holzart verschieden, bei den Nadelhölzern größer als beim Laubholze. Das hygroskopische Wasser kann nur auf dem Wege der künstlichen Trocknung aus dem Holze entfernt werden. Beide Arten von Wasser, dasjenige, welches durch Dunstung von selbst aus dem Holze austritt, und jenes, welches nur durch Wärmezufuhr beseitigt werden kann, d. i. verdampft werden muß, bilden zusammen den Wassergehalt, welcher mit der Holzart, der Jahreszeit, dem Baumteile, dem Standorte etc. wechselt. Das im Holze enthaltene Wasser ist nie chemisch reines Wasser und bekanntlich wechselt die Menge und Art der gelösten Stoffe, Saftstoffe, bei derselben Holzgattung je nach dem Individuum, der Jahreszeit, dem Klima etc.

So wie der Gehalt an hygroskopischem Wasser im lufttrockenen Zustande mit der Witterung und mit dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft wechselt, ab- und zunimmt, so kann man dem Holze auch den gesamten Wassergehalt, den es beim Uebergange vom grünen in den lufttrockenen Zustand verloren hat, wieder zuführen durch das „Tränken des Holzes“, d. h. durch das Untertauchen des Holzes in Wasser eine entsprechende Zeit hindurch.

Die Hölzer sind fähig, mehr Wasser aufzunehmen, als sie ursprünglich im frisch gefällten Zustande besaßen, besonders dann, wenn beim Tränken durch eine höhere Wassersäule ein besonderer Druck ausgeübt wird. Doch steht die Quantität des auf künstlichem Wege dem Holze zugeführten und von diesem aufgenommenen Wassers in einem approximativen Verhältnisse zu der bei der Austrocknung verdunsteten Wassermenge.

Das mit Wasser völlig getränkte Holz hat ein höheres Gewicht, als das Grüngewicht betrug. Weißbach beobachtete, daß auch frisch gefälltes Holz durch Tränkung mit Wasser noch eine bedeutende Menge desselben aufzunehmen imstande ist.

Speziell über das Wasser-Aufsaugungs-Vermögen stellte Forstverwalter L. Hampel in Gußwerk (Zentralblatt f. d. ges. Forstwesen, 1881) einen Versuch an, der die aufgenommene Wassermenge in Prozenten des Volumens der Versuchsstücke zum Ergebnis hatte. Siehe folgende Tabelle:

Holzart.	Volumenprozente Wasseraufnahme.
Bergahorn	58,671
Esche	47,322
Rotbuche	43,347
Kiefer	39,174
Birke	38,879
Ulme	36,360
Fichte	33,540
Eibe	33,036
Lärche	23,529

Um im nächsten Kapitel nicht wieder darauf zurückkommen zu müssen, sei hier erwähnt, daß das Quellen lufttrockenen Holzes und die Wasseraufnahme nicht

gleichen Schritt halten. Ersteres ist nach den Beobachtungen Weißbachs binnen 1½—2 Monaten beendigt, die Gewichtszunahme erfordert aber viele Jahre, um ihr Maximum zu erreichen.

Nach den Beobachtungen Jankas betrug das schließliche, nach 10jähriger Lagerung in Wasser konstatierte spezifische Wassersättigungsgewicht

beim Fichtenholze	1,125
beim Tannenholze	1,130
beim Weißföhrenholze. . . .	1,148
beim Schwarzföhrenholze . .	1,134
beim Lärchenholze	1,162
beim Rotbuchenholze . . .	1,188

Diese durch Wasseraufnahme hervorgerufene bedeutende Gewichtsvermehrung ist für den Schwemmbetrieb sowie bei der Berechnung des Gewichtes der Holzwände beim Schiffbau und des schließlichen Gewichtes der hölzernen Wasserräder nicht ohne Bedeutung.

Den Gesamt-Wassergehalt nennt man auch die absolute Feuchtigkeit des Holzes. Zur Bestimmung derselben sind verschiedene, mehr oder minder präzise Methoden eingeschlagen worden. In jenen Fällen, wo es sich um die Auffindung eines gesetzmäßigen Zusammenhanges zwischen dem Wassergehalte und anderen physikalischen oder mechanisch-technischen Eigenschaften des Holzes gehandelt hat, wurde natürlich getrachtet, ein möglichst zuverlässiges und genaues Resultat zu erlangen. In dieser Beziehung sind bemerkenswert die Verfahrungsweisen von: Chevandier und Wertheim, Bauschinger („Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule in München", 1883), Tetmajer („Mitteilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich", 2. Heft, 1884), endlich Hermann Schild (Mitteilungen aus den Kgl. Mech.-Techn. Versuchsanstalten in Berlin" IV. Jahrgang, 3. Heft, 1886) [1]).

Die letztangeführte Untersuchung ist eine erschöpfende Darstellung aller Verhältnisse, welche auf die Richtigkeit des Resultates Einfluß nehmen können. Diese höchst beachtenswerte Forschung führte eigentlich zu einem negativen Resultate, nämlich zu der Erkenntnis, daß alle bisher gewählten Methoden zur Bestimmung des absoluten Wassergehaltes vollkommen richtige Ergebnisse zu liefern nicht geeignet sind und daß bei Nadelholz zur Erlangung von für die wissenschaftliche Forschung verwertbaren Daten Harzgehalts-Bestimmungen unerläßlich sind. Alle bisher zustande gebrachten Versuchsergebnisse über den absoluten Wassergehalt können daher nur als Näherungswerte aufgefaßt werden.

Eine interessante Arbeit: „Ueber den Einfluß der Feuchtigkeit auf den Längenzustand von Hölzern" [2]) rührt von R. Hildebrand her, welche folgende Punkte umfaßt: 1. Untersuchungen über die Längenunterschiede von Hölzern in völlig trockenem Zustande und dem Zustande der Feuchtigkeit, der durch gesättigte feuchte Luft eintritt, die entsprechenden Wasserquantitäten und endlich den Einfluß der vollständigen Tränkung der Hölzer mit Wasser; 2. die täglichen Schwankungen an Gewicht und Länge und 3. inwieweit eine geeignete Behandlung des Holzes, als z. B. Politur, Lacküberzug, Tränkung mit Paraffin usw. die Einflüsse der Feuchtigkeit in bezug auf Länge und Gewicht hintanzuhalten vermag.

1) Siehe auch die Feuchtigkeitsbestimmung in den Vorschriften für einheitliche Prüfungsverfahren für Holz, Seite 390 dieser Abhandlung.

2) Annalen der Physik und Chemie, Band XXXIV, Heft 2. Leipzig 1888.

§ 17. 3. Volumsveränderlichkeit. Es wurde schon weiter oben auseinandergesetzt, daß die Abnahme an Wassergehalt beim Holze, ob sie sich nun auf dem Wege der natürlichen Trocknung vollzieht, oder durch künstliche Zufuhr von Wärme beschleunigt wird, eine Verkleinerung des Volumens zur Folge hat. Das Schwinden, die Schwindung oder die Schrumpfung vollzieht sich jedoch nicht nach allen Richtungen im Holzkörper gleichartig. Das Holz ist auffallend **anisotrop**.

Jene Größe, welche die Volumsveränderung an einer bestimmten Dimension des Holzkörpers angibt, die mit einer der Hauptrichtungen im Stamme: Axe, Radius oder Sehne zusammenfällt, nennt man lineares Schwindmaß, dasselbe drückt die Schwindung in Prozenten der Längeneinheit aus.

Von dem linearen Schwindmaße ist zu unterscheiden die Flächenschwindung und die Volumsschwindung, das ist die Differenz in der Oberflächenausdehnung oder in dem gesamten Körperinhalte des Holzes, welche sich aus dem Vergleiche bestimmter Teile der Oberfläche oder des ganzen Körperinhaltes im grünen und trockenen Zustande ergibt.

Die Oberflächen-Schwindung wird selten in Betracht gezogen; auch das lineare Schwindmaß nach der Achsenrichtung des Holzes wird häufig seiner Geringfügigkeit wegen unbeachtet gelassen. Dagegen interessiert den Techniker zumeist das lineare Schwindmaß nach der radialen Richtung und bezüglich der Sehnenrichtung; den Forstmann die gesamte Schwindung des Körperinhaltes, die Volumen-Schwindung.

Nachdem die Schwindung die Folge der Abgabe von Wasserdünsten des Holzes an die umgebende Luft ist, so richtet sich die Dauer des Schwindungsprozesses in der Hauptsache nach der Dauer des Dünstungsprozesses. Genau genommen wird jedoch im Anfange des Trocknens die Feuchtigkeit aus den offenstehenden Holzporen austreten. Der Austritt dieser zuerst sich verflüchtigenden Feuchtigkeit äußert noch keine merkbare Wirkung auf die Dimensionen des Holzes. Je mehr aber die Holzzellen ihre Feuchtigkeit im weiteren Verlaufe der Austrocknung abgeben, desto energischer tritt die Schwindung auf. Das Schwinden folgt also im Anfange zögernd, später unmittelbar und mehr proportional der Wasserabgabe.

Aus demselben Grunde ist die Rückwirkung des Feuchtigkeitsgehaltes in der Luft auf das Volumen des Holzes, sei sie eine Abnahme oder eine Zunahme, nicht eine augenblickliche, sondern die Volumsveränderungen folgen allmählich oder, wie Nördlinger sagt, „in einiger Entfernung“ jenen Veränderungen des Feuchtigkeitszustandes im Holze, die es seiner Hygroskopizität verdankt.

Die Dauer des Schwindens ist konform der Dauer des Austrocknens bei den weichen Nadelhölzern eine auffallend geringere, als bei den harten Hölzern. Das langsam trocknende Kernholz schwindet langsamer, als der Splint.

Bei einer und derselben Holzart schwindet das spezifisch schwerere Holz stärker als das leichtere.

Robert Hartig hat eine sehr bemerkenswerte Studie über den Einfluß des Holzalters und der Jahrringbreite auf die Menge der organischen Substanz, das Trockengewicht und das Schwinden des Holzes angestellt, welche in mehreren Jahrgängen der „Untersuchungen des forstbotanischen Institutes München“ von 1882 ab publiziert ist.

Einen sehr bedeutenden Einfluß auf die Dauer der Schwindung und die Größe derselben übt der Umstand aus, ob das Holz in vollkommen oder nur teilweise berindetem Zustande oder gänzlich entrindet der Austrocknung unterzogen wird. Es ist ferner von Bedeutung, ob das Schwindmaß an aus dem Massiv des Holzes heraus-

gearbeiteten axialen, radialen oder Sehnen-Stäben gemessen wird, oder ob man die Schrumpfung der Radien und Sehnen an kompletten Stammscheiben untersucht. Auch bei diesen stellen sich wesentliche Unterschiede heraus, wenn die Zusammenziehung des Holzes durch einen Radialschnitt erleichtert wird. Nördlinger war der erste, welcher eine rationell angelegte Forschung über die bei der Schwindung auftretenden Erscheinungen angestellt hat. Er hat den Einfluß der Rinde auf die Schwindung erwogen, ebenso die Schwindungs-Verhältnisse im Kern- und Splint-Halbmesser, an den Kern- und Splint-Sehnen, je nachdem dieselben frei gelegt oder im kompakten Holze befindlich waren.

Aus der Verschiedenheit des Kernes und Splintes in Beziehung auf ihr Verhalten beim Schwinden entstehen Erscheinungen, welche, wie das Klemmen, das ist die Verengerung von Schnittfugen, zuerst von Nördlinger mit großer Klarheit erörtert wurden.

Die Nördlingerschen Untersuchungsmethoden haben in wenigen vereinzelten Fällen noch weitere Ausbildung erfahren [1]).

Nördlinger ließ sich bei seinen Arbeiten, welche gerade in dem Kapitel „Schwindung“ besonders mustergültig sind, hauptsächlich von der Absicht leiten, einerseits den Zusammenhang zwischen den Verschiedenheiten des anatomischen Baues des Holzes, dem Wassergehalt in den einzelnen Teilen des Holzes im Baume usw. und andererseits den Vorgängen bei der Schwindung aufzufinden. Bei diesen Arbeiten steht Nördlinger als Botaniker und Holzanatom im Vordergrund. Doch sind von ihm auch die Konsequenzen der Schwindungsverhältnisse bei verschiedenen Holzsortimenten: Spalthölzern, Pfosten, Brettern usw., in so anschaulicher Weise dargestellt worden, daß sich eine große Zahl von Autoren auf dem Gebiete der Forstwissenschaft und Technik nicht versagen konnte, Nördlinger abzuschreiben und die erläuternden Figuren zu kopieren. So kommt es, daß man gewissen graphischen Darstellungen der Form und Abmessungen von verschiedenen Holzsortimenten nach vollzogener Schwindung in einer großen Anzahl von Büchern neuen und neuesten Datums begegnet. Wir können daher füglich darauf verzichten, nochmals eine Wiederholung dieser Darstellung unseren Lesern anzubieten. Der Vollständigkeit halber müssen wir aber hier eine kleine Tabelle über das Schwindmaß der technisch wichtigen Hölzer anfügen.

	Schwindung			Schwindung	
	radial	tangential		radial	tangential
Ahorn	2,56	4,90	Robinie	3,90	5,80
Birke	4,50	6,50	Rotbuche	4,65	8,36 [2])
Eiche	3,08	5,52	Schwarzkiefer	2,79	4,82
Erle	3,16	4,15	Tanne	2,01	5,32
Esche	4,60	7,20	Ulme	3,27	5,10
Fichte	2,25	4,85	Weißbuche	6,09	9,00
Hopfenbuche	4,32	7,67	Weißkiefer	2,29	4,78 [3])
Lärche	3,04	6,06	Weide	2,85	5,55
Linde	5,73	7,17			

1) Siehe Schwindungs-Versuche in: W. F. Exner, Studien über das Rotbuchenholz; Wien 1875 (S. 59).

2) Exner fand durch seine eigenen Untersuchungen bei Rotbuchenholz das Schwindmaß des Radius in der vollen Scheibe mit 4%, das Schwindmaß der Sehnen in der vollen Scheibe aber mit $8^{1}/_{5}$%.

3) Vergl. die interessante Monographie: R. Hartig, „Das spezifische Frisch- und Trockengewicht, der Wassergehalt und das Schwinden des Kiefernholzes.“ Berlin 1874.

M o e l l e r beschränkt sich darauf, anzugeben, daß die Nadelhölzer im allgemeinen am wenigsten schwinden und die gebräuchlichsten Tischlerhölzer nach der Größe des Schwindmaßes in aufsteigender Reihe geordnet anzuführen wie folgt: Ahorn, Pappel, Eiche, Ulme, Buche, Linde, Nuß.

Die Schwindung in der Faserrichtung beträgt durchschnittlich 0,1 %, in der Sehnenrichtung durchschnittlich 10 % und in der radialen Richtung durchschnittlich 5 %. Von allen untersuchten Arten ausländischer Hölzer schwindet Mahagoniholz am wenigsten, nämlich nach der Breite, im Sinne der Spiegel nur 1,09 %, im Sinne der Jahrringe nur 1,69 %. —

K a r m a r s c h knüpft an die einschlägigen Daten einer sehr vollständigen Tabelle folgende Bemerkungen:

Von dem bedeutenden Unterschiede zwischen der Schwindung des Längenholzes und jener des Querholzes überzeugt man sich oft an Zeichenbrettern u. dergl., welche mit sogenannten Hirnleisten oder eingeschobenen Gratleisten versehen sind, indem hier nach längerer Zeit, wenn das Brett durch Eintrocknen schmäler geworden ist, die Enden der erwähnten, nicht merklich verkürzten Leisten über den Rand etwas vorspringen. — Hölzerne Gemäße (zu Korn, Mehl etc.) werden häufig durch Rundbiegen eines — gespaltenen oder geschnittenen — dünnen Eichenholzbrettes gebildet, wobei die Fasern in der Peripherie herum liegen, die Gemäßwand ihrer Höhe nach aus Querholz besteht; auf solche Weise verfertigt, verkleinern sie ihren Fassungsraum durch Austrocknung, oder vergrößern sie denselben durch Feuchtigkeit bemerkbar mehr, als wenn das Gemäß aus Stäben (Dauben) zusammengesetzt ist; denn im letzteren Falle ist in der Richtung der Wandhöhe Längenholz, welches viel weniger schwindet und quillt. Nach genauen Versuchen vergrößerten Gemäße von rundgebogenem Eichenholze, bei welchen die Tiefe sehr nahe dem inneren Durchmesser gleich kam, nachdem sie zuerst im warmen Zimmer ausgetrocknet waren, durch achttägiges Verweilen in einem feuchten Keller ihren Inhalt um 1—$2\frac{4}{5}$ % (durchschnittlich nahe 2 %); wogegen die Vergrößerung bei den aus Stäben zusammengesetzten Gemäßen (halb so tief als weit) nur $\frac{1}{20}$ bis $\frac{2}{3}$ % (im Durchschnitt etwa $\frac{1}{3}$ %) betrug.

Von Hölzern, welche geringe Unterschiede in den Abmessungen bei dem durch den Feuchtigkeitsgehalt der Luft auftretenden Schwinden und Quellen zeigen, sagt man, daß sie „gut stehen". Im Gegensatze hiezu bezeichnet der Sprachgebrauch den Umstand, daß das Holz verschiedene Volumina annimmt, mit den Worten „es arbeitet".

Ueber die Zunahme der Abmessungen des Holzes bei neuerlicher Steigerung des Feuchtigkeitsgehaltes nach vorangegangener Austrocknung, die sogenannte Quellung des Holzes, wurde bereits an einer früheren Stelle, soweit es notwendig, gesprochen.

Bisher war nur von den Schwindungs-Erscheinungen die Rede, welche die natürliche Austrocknung begleiten. Es kann nicht überraschen, daß die fortgesetzte Trocknung auf künstlichem Wege auch zu einer Steigerung der Schwindung führt, nachdem im Wege der künstlichen Trocknung noch ein Teil des Wassergehaltes aus dem lufttrockenen Holze beseitigt werden kann. Die Schwindung vom nassen zum lufttrockenen Zustande ist größer als diejenige vom lufttrockenen zum absoluttrockenen Zustande.

Eingehende Studien über die H y g r o s k o p i z i t ä t und die damit zusammenhängenden E r s c h e i n u n g e n d e s S c h w i n d e n s u n d Q u e l l e n s der Hölzer hat J a n k a unter dem Titel: „Die Einwirkung von Süß- und Salzwässern auf die gewerblichen Eigenschaften der Hauptholzarten" veröffentlicht [1]). Es wurden Rundklötze der Fichte, Tanne, Weißkiefer, Lärche, Rotbuche, Eiche, Ulme, des Ahorns und Walnußbaumes, teils von der Sommer-, teils von der Winterfällung

1) Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. XXXIII. Heft. Die Einwirkung von Süß- und Salzwässern auf die gewerblichen Eigenschaften der Hauptholzarten. I. Teil. Untersuchungen und Ergebnisse in mechanisch-technischer Hinsicht. Von G. Janka. II. Teil. Untersuchungen und Ergebnisse in chemischer Hinsicht. Von Dr. N. Lorenz R. v. Liburnau. Wien 1907.

herrührend, in stehendes und fließendes Süßwasser, in Salzsolen-Mutterlauge und in Meerwasser eingebettet, um die Wirkungen zu studieren, welche das Wasser auf die Eigenschaften des Quellens, Schwindens und Reißens, dann auch auf die Druckfestigkeit der so behandelten Hölzer ausübt. Selbstverständlich wurden die gleichen Eigenschaften auch an unausgelaugtem Vergleichsholze erhoben. Die Feuchtigkeitsverhältnisse, das Schwinden und Quellen wurden teils an den von Nördlinger empfohlenen Scheibenproben (60grädigen Kreissektoren), teils an Pfosten und Brettern ermittelt, die aus den Rundhölzern erzeugt worden waren.

Bezüglich der Hygroskopizität, welche sich aus der Zunahme des Feuchtigkeitsprozentsatzes der lufttrockenen Schwindungsscheiben nach 5monatlicher Lagerung in stets feuchter Luft in ziffermäßiger Höhe ergab, wurde konstatiert, daß das Süßwasser-Auslaugholz am wenigsten, das Salzwasser-Auslaugholz am stärksten hygroskopisch war; die Zunahme an hygroskopischer Feuchtigkeit ist aus der nachfolgenden Tabelle II zu ersehen. Korrespondierend mit der Feuchtigkeits-Zu- oder Abnahme tritt natürlich auch die Quellung beziehungsweise Schwindung des Holzes auf, so daß das in Süßwasser geschwemmte Holz weniger quillt und schwindet als das nicht ausgelaugte Holzmaterial, während sich das in Salzwasser präparierte Holz vermöge seiner vermehrten Hygroskopizität verschieden verhält. Die Größe des Schwind- und Quellmaßes ist für die untersuchten Holzarten gleichfalls aus der Tabelle II zu entnehmen.

Tabelle II.

Holzart	Zunahme an hygroskopischer Feuchtigkeit beim			Lineare Schwindung.			Lineare Quellung.		
				Mittelwert zwischen Kern- und Splintholz, zwischen radialer und tangentialer					
				Schwindung vom			Quellung vom		
				nassen zum lufttrockenen Zustande			lufttrockenen zum feuchten Zustande		
	unausgelaugten Vergleichsholz	Süßwasser-Auslaugholz	Salzwasser-Auslaugholz	in Prozent des nassen Zustandes			in Prozent des lufttrockenen Zustandes		
	Wassergehalts-Prozente			Ungeschwemmtes Holz	In Süßwasser geschwemmtes Holz	Salzwasser-Auslaugholz	Ungeschwemmtes Holz	In Süßwasser geschwemmtes Holz	Salzwasser-Auslaugholz
Fichte	11,56	9,78	14,71	3,72	3,63	2,96	2,56	2,24	2,49
Tanne	10,06	9,13	13,89	3,03	3,01	2,38	2,13	2,00	2,02
Weißkiefer	10,20	8,52	13,06	3,61	2,66	2,53	2,26	1,56	1,88
Lärche	10,03	9,66	12,81	4,21	3,36	3,21	2,60	2,13	2,56
Rotbuche	11,21	9,64	15,13	5,86	5,30	4,75	3,39	2,78	3,52
Eiche	8,87	8,62	9,23	4,04	3,73	3,92	2,28	2,03	2,47
Ulme	10,60	8,83	15,40	4,21	4,39	3,67	2,42	2,12	2,57
Ahorn	11,07	9,88	16,32	3,37	3,54	2,90	2,39	2,18	2,24
Nuß	11,10	8,00	8,75	3,85	3,56	3,48	2,22	1,73	1,80

Aus Tabelle II ergibt sich, daß die lineare Schwindung vom nassen (waldgrünen) zum lufttrockenen Zustande bei dem in Salzwasser ausgelaugten Holze am kleinsten, beim ungeschwemmten Vergleichsholze am größten ist, weil das Salzholz infolge der hygroskopischen Wirkung des Salzgehaltes bei der Trocknung zum lufttrockenen Zustande unter sonst ganz gleichen Bedingungen die meiste Feuchtigkeit zurückhält und daher nicht so schnell austrocknet und schwindet wie das weniger hygroskopische ungeschwemmte und das in Süßwasser ausgelaugte (geflößte) Holz. Dagegen quillt

das in Süßwasser geschwemmte Holz, wenn es nach der Austrocknung Gelegenheit findet, Wasserdunst aus der umgebenden Luft anzuziehen, am wenigsten, ist also am schwächsten hygroskopisch, während das unausgelaugte Holz dabei die stärksten linearen (und Volums-)Veränderungen erleidet.

Es ist nicht möglich, an dieser Stelle auf die weiteren Ergebnisse dieser umfangreichen Untersuchungen über die Wirkungen der Auslaugung des Holzes durch Süß- oder Salzwasser einzugehen, und es muß in dieser Hinsicht auf die obige Abhandlung verwiesen werden. Die Schlußfolgerungen, welche Janka aus seinen Untersuchungen zieht, seien hier jedoch kurz angeführt; sie lauten: „Das Auslaugen des Holzes in Süßwasser, also das Flößen, Schwemmen und Triften, vielleicht auch schon das öftere Begießen mit Süßwasser, übt auf die gewerblichen und industriellen Eigenschaften desselben einen vorteilhaften Einfluß aus, indem es die Hygroskopizität und damit sie Schwindung und Quellung vermindert und auch die unangenehme Eigenschaft des Reißens etwas einschränkt; auch bezüglich der Dauer dürfte das Süßwasser-Auslaugholz dem ungeschwemmten Holze überlegen sein.

Das in Salzwasser präparierte Holz hat zwar auch eine geringere Schwindung als das unausgelaugte Holzmaterial, aber nur infolge seiner durch den höheren Salzgehalt bewirkten vermehrten Hygroskopizität; die Folge davon ist ein stärkeres Quellen und Arbeiten, wenn es wechselnd feuchter Luft ausgesetzt wird; es reißt auch weniger als ungeschwemmtes Holz.

Es ist also für industrielle und gewerbliche Zwecke die Auslaugung des Holzes in Süßwasser nur wärmstens zu empfehlen, zumal auch die Farbe des Auslaugholzes, sofern nicht zu unreines oder schlammiges Wasser zur Verwendung kommt, nicht leidet, — und es ist von diesem Standpunkte aus eigentlich zu bedauern, daß man in der Forstwirtschaft von der Trift und Flößerei allmählich zum Landtransport übergeht.

Die Präparation des Holzes in Salzwasser dagegen könnte, natürlich nur dort, wo solches Wasser unentgeltlich zur Verfügung steht, also bei den Salinen und am Meeresstrande, für solche Verwendungszwecke empfohlen werden, bei welchen die erhöhte Hygroskopizität und das dadurch bedingte Arbeiten unter dem Einflusse wechselnder Feuchtigkeit der Luft nicht störend wirkt, dagegen mehr die Dauer des Holzes in Frage kommt, — also zu Bau- und Konstruktionshölzern im Hoch- und Brückenbau, im Erd- und Grubenbau, zu Eisenbahnschwellen, Holzstöckelpflaster und dergl. — Unumgängliche Voraussetzung dabei ist aber, daß das Auslaugholz vor seiner Verwendung wiederum vollständig lufttrocken geworden. Wohl aber ist stärker salzhaltiges Holz für feinere industrielle Zwecke ausgeschlossen, da das aufgenommene Salz, namentlich bei Berührung mit Eisen und in feuchter Luft, immer wieder ausblüht und dabei jeden Holzanstrich durchbricht."

Wir können dieses Kapitel nicht schließen, ohne jener bemerkenswerten Arbeit zu gedenken, welche, im Auftrage der Direktion der Domänen und Forste des Kantons Bern im Jahre 1877 ausgeführt, im Jahre 1883 anläßlich der schweizerischen Landesausstellung revidiert, ergänzt und publiziert wurde. Der Forstinspektor J. A. Frey in Münster hat nämlich die Gewichts- und Volums-Veränderung an einer Reihe jurassischer Waldbäume untersucht, indem aus dem frischen Holze Würfel von 1 dm Seite hergestellt und dann in 4 Stadien der Austrocknung, „sommertrocken", „abgetrocknet", „ausgetrocknet" und „dürr", endlich im verkohlten Zustande in Beziehung auf spezifisches Gewicht und Volumen untersucht wurden. Wenn man sich auch über die absolute Richtigkeit, respektive Brauchbarkeit dieser Erhebungen ebensowenig als der Versuchsansteller Illusionen hingeben darf, so dürfte es doch im Hinblick auf die relative Richtigkeit der Versuchsergebnisse begründet sein, hier ein Resümee derselben mitzuteilen.

(Siehe Tabelle III, Seite 382.)

§ 18. 4. Folgen der Hygroskopizität und Volumsveränderlichkeit. Nachdem das Schwinden in den den verschiedenen Baumteilen zugehörigen Holzkörpern, wie oben gezeigt wurde, in verschiedenem Maße stattfindet und dabei außerdem wieder in jedem Teile für sich verschieden nach den Hauptabmessungen ist, so ergibt sich von selbst, daß das Schwinden nicht nur zu einer Volums-Verkleinerung, sondern auch zu einer Gestaltsveränderung führt, welche um so mehr die Bezeichnung „Deformation" verdient, als die durch das Schwinden hervorgerufene neue Gestalt meistens für die gewerbliche Verwertung, bezw. weitere Verarbeitung des Rohstoffes unbequem ist.

Tabelle III.

Name der Holzarten	Grün	Sommertrocken	Ausgetrocknet			Dürr			Verkohlt		
	Spezif. Gewicht	Spezif. Gewicht	Spezif. Gewicht	Volumen	Totales Schwindmaß	Spezif. Gewicht	Volumen	Totales Schwindmaß	Spezif. Gewicht	Volumen	Totales Schwindmaß
				ccm	%		ccm	%		ccm	%
Eiche	1,0745	0,9852	0,804	939	6,1	0,766	867	13,1	0,387	648	35,2
Esche	0,8795	0,8304	0,771	916	8,4	0,746	835	16,5	0,371	523	47,7
Buche	1,0288	0,8160	0,747	616	8,4	0,700	856	14,4	0,319	569	43,1
Kiefer	0,8734	0,7828	0,678	933	6,7	0,662	865	13,5	0,351	492	50,8
Ulme	0,9166	0,7502	0,635	930	7,0	0,595	885	11,5	0,284	586	41,4
Eibe	0,9030	0,7106	0,696	979	2,1	0,642	911	8,9	0,262	804	19,6
Ahorn	0,9210	0,7044	0,637	966	3,4	0,604	911	8,9	0,247	693	30,7
Aspe	0,8809	0,6398	0,515	922	7,8	0,463	879	12,1	0,179	672	32,8
Lärche	0,7633	0,6112	0,607	831	6,9	0,560	895	10,5	0,238	733	26,7
Weißtanne	0,8041	0,5878	0,527	954	4,6	0,510	886	11,4	0,214	713	28,7
Linde	0,7690	0,5810	0,505	889	11,1	0,484	831	16,9	0,240	511	48,9
Rottanne	0,5266	0,4931	0,487	939	6,1	0,457	887	11,3	0,193	729	27,1

Ebenso wird ein im trockenen Zustande zugerichteter oder verarbeiteter Holzkörper durch die Aufnahme von Feuchtigkeit und das daraus resultierende Anquellen gleichfalls eine neue Gestalt annehmen, und diese Deformation wird häufig den bei der Verarbeitung vor Augen gehabten Zweck vereiteln, nicht selten zur Zerstörung oder Verminderung des Wertes oder der Gebrauchsfähigkeit des Objektes beitragen. Dieses Verhältnis, welches im allgemeinen mit ,,Werfen des Holzes" bezeichnet wird — das Holz ,,wirft" oder ,,verzieht sich" —, tritt in um so drastischerem Maße auf, je größer der Abstand in dem Verhalten der zu einem Holzkörper organisch verbundenen Holzteile ist. Die verschiedenen einzelnen in der Praxis vorkommenden Fälle des Schwindens von Halbholz, Viertelholz, Kantholz, Brettern, Spaltholz usw. sind in der Mehrzahl der Lehrbücher abgehandelt und zu bekannt, um hier neuerdings erörtert zu werden.

Kann sich die aus dem Schwinden oder Quellen entspringende Deformation nur dadurch vollziehen, daß an einzelnen Teilen die Kohäsion der Holzsubstanz überwunden wird, so entstehen Spalten, Klüfte oder Risse, man sagt dann: ,,das Holz reißt". Meistens sind diese Art von Rissen als aus der Schwindung entspringende Fehler des Holzes zu erkennen, man nennt sie ,,Schwindrisse", ,,Trockenrisse" und je nach der Lage derselben ,,Strahlenrisse", wenn sie von der Peripherie des Holzes ausgehen; ,,Kernrisse", wenn sie aus der Achse des Baumes entspringen und sich gegen den Umfang zu verlieren.

Beim Reißen des Holzes können entweder ,,weitklaffende Sprünge" oder viele kleine Rißchen (,,Luftrisse") entstehen; das letztere schädigt den Gebrauchswert natürlich in geringerem Maße.

Die Behandlung des Holzes vor, während und nach der Fällung, die gänzliche oder teilweise Entrindung, das sukzessive Vorgehen bei der Entrindung, verschiedene Maßregeln zur Verlangsamung des Trocknungsprozesses, namentlich an den Hirnflächen, ferner Vorkehrungen mechanischer Art gegen die Deformation: alles das, vereinzelt oder nach Gruppen vereinigt, bildet das Verfahren, welches von dem Praktiker eingeschlagen wird, um das ,,Sichwerfen" und ,,Reißen" des Holzes zu vermindern oder bis zu einem gewissen Grade unschädlich zu machen. Dieses Gebiet bildet ein dankbares Feld für das Vorurteil, aber ebensosehr eine Domäne der praktischen Erfahrung. Es kann nicht unsere Sache sein, hier die verschiedenen Rezepte

beglaubigten oder nicht beglaubigten Ursprunges für die Behandlung des Holzes anzuführen. Es ist vielmehr Sache der Technologie, den Holzindustriellen zu lehren, wie er mit den Eigentümlichkeiten des Holzes zu rechnen hat, welche im Gefolge des Schwindens und Quellens des Holzes auftreten.

III. Mechanisch-technische Eigenschaften.

§ 19. 1. Elastizität und Festigkeit. Die Kenntnis der Elastizitäts- und Festigkeits-Eigenschaften des Holzes, welche in die Gruppe „mechanische Eigenschaften" fallen, ist bis in die jüngste Zeit sehr zurückgeblieben.

Bei dem stetigen raschen Fortschritte, welchen die mechanische Technik überhaupt genommen hat, überrascht es, daß wir gerade auf diesem einen Gebiete — mit Ausnahme der Ergebnisse, welche den verflossenen letzten Dezennien angehören — nur wenige positive Daten besitzen.

Die Wichtigkeit solcher Versuche, welche uns zuverlässige Aufschlüsse über die „Qualität" der verschiedenen Konstruktionshölzer geben, braucht wohl nicht erst besonders hervorgehoben zu werden, da über die „Bedeutung des Holzes als Baumaterial" ja kaum ein Zweifel besteht. Nicht nur wissenschaftlichen Spekulationen, sondern auch den praktischen Bedürfnissen sollte die Vornahme jener Versuche in erster Linie dienen, welche die Ermittlung obiger Eigenschaften zum Gegenstand hat.

Dem Techniker brauchbare Daten über die Festigkeits-Eigenschaften der Hölzer zu geben, ist zunächst der leitende Gedanke gewesen, welcher den Versuchs-Anstellern vorschwebte, und erst im Wege der Diskussion der gewonnenen Resultate ist die Frage reif geworden: „In welchem Zusammenhang steht der Bau des Holzes mit den mechanischen Eigenschaften desselben?" Die Lösung dieser Frage erheischt zunächst, eine Relation zu finden zwischen den mechanischen Eigenschaften des Holzes und den physikalischen, z. B. der Dichtigkeit und dem Feuchtigkeitsgehalt des Holzes. Die Bekanntschaft mit jenen Beziehungen, welche zwischen den mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Holzes bestehen, ist aber andererseits notwendig, da sonst ein Vergleich jener gewonnenen Resultate, die unter verschiedenen Verhältnissen, vorzugsweise bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden der Probestücke, angestellt wurden, unmöglich wäre. Hier stehen wir aber vor einer Aufgabe, welche eine Fülle von im gegenseitigen Abhängigkeits-Verhältnis sich befindlichen Faktoren in sich vereinigt.

Schon aus der einfachen Aufzählung der wichtigsten Eigenschaften des Holzes, welche hier in Zusammenhang zu bringen sind, läßt sich auf die Ausdehnung der Versuche und die Schwierigkeiten schließen, welche sich dem Forscher entgegenstellen.

Die Hauptfragen sind: Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Elastizität und Festigkeit des Holzes und dem spezifischen Gewicht und dem Feuchtigkeitsgehalt desselben; wie verhalten sich die ersteren Eigenschaften sowohl in Beziehung auf die Höhenlage der Probestücke im Stamme selbst als auch gegenüber der Lage im Querschnitt, d. i. in Beziehung auf die Nord-, Süd-, West- und Ostseite; in welchem Abhängigkeits-Verhältnis stehen Kernholz, Reifholz und Jahrringbreite zu den genannten Eigenschaften? Nebst diesen Beziehungen, welche auf den anatomischen Bau des Baumes Rücksicht nehmen, besteht aber noch der Zusammenhang der Festigkeits-Eigenschaften mit der eigentlichen Holzsubstanz, ihrer Qualität und chemischen Zusammensetzung.

Stellen nun die im Voranstehenden gegebenen Fragen schon ein überaus großes Arbeitsgebiet für den Forscher dar, so erweitert sich dasselbe noch in beträchtlichem Maße dadurch, daß alle oben angeführten Eigenschaften auch in Beziehung zu bringen sind mit den Fragen nach dem Einfluß des Bodens und der Fällungszeit des Holzes auf dessen mechanische und physikalische Eigenschaften. Berücksichtigt man ferner, daß der Einfluß der Fällungszeit und des Standortes auf die Dauerhaftigkeit des Holzes zu obigen Fragereihen hinzutritt, wodurch erst die in Rede stehenden Forschungsaufgaben als nahezu erschöpfend aufgezählt zu betrachten sind, so dürfte die Fülle des sich darbietenden Materiales erkannt werden, welches aber dadurch noch einen geradezu überwältigenden Umfang nimmt, wenn man bedenkt, daß die Erforschung obiger Daten sich nicht nur auf eine Holzart zu beziehen hat, sondern auf eine nicht unbeträchtliche Zahl von Holzarten auszudehnen ist, da die zur praktischen Verwendung gelangenden europäischen Hölzer allein schon bekanntlich eine stattliche Reihe ausmachen.

§ 20. Bevor wir auf die gewonnenen Resultate selbst übergehen, wollen wir im Nachstehenden die für das Verständnis dieses Kapitels notwendigen Definitionen und Formeln der Festigkeitslehre wiedergeben und bemerken, daß wir uns in der Bezeichnung der Festigkeitsformeln an jene durch Prof. J. Bauschinger gewählte anschließen.

Unter Festigkeit versteht man den Widerstand, welchen ein fester Körper der Trennung seiner Teile entgegenstellt, oder mit andern Worten, jene Kraft, welche zur Aufhebung ihres Zusammenhanges notwendig ist.

Elastizität ist der Widerstand, den ein fester Körper der vorübergehenden Formänderung entgegensetzt.

Im gewöhnlichen Leben versteht man unter Elastizität jene Eigenschaft, welche ein Körper äußert, wenn derselbe bei einer durch die Einwirkung einer äußeren Kraft erlittenen Veränderung der Lage seiner Teile zueinander bestrebt ist, nach Aufhören dieser Kraftäußerung wieder in seine ursprüngliche Gestalt zurückzukehren.

Ein Körper kehrt entweder vollständig in die frühere Lage seiner Teile zueinander zurück oder nur teilweise, und dabei gibt es eine Grenze des Gebietes des ersten Falles der Elastizität, welche man mit dem Ausdrucke Elastizitätsgrenze bezeichnet; man versteht demnach hierunter den äußersten Grad der Formänderung, bis zu welchem man sicher ist, daß der Körper nach Beseitigung der auf ihn einwirkenden Kraft wieder in seine ursprüngliche Form (Lage seiner Teile) zurückkehrt. Es gibt Körper, die sofort bei der Inanspruchnahme über die Elastizitätsgrenze hinaus in Stücke zerspringen (spröde Körper) und solche, die noch eine weitere Formveränderung zulassen (geschmeidige, zähe Körper).

Elastizitätsmodul (das Maß der elastischen Nachgiebigkeit eines Materiales) ist die Spannung (Kraft pro Flächeneinheit des Querschnittes), bei welcher ein prismatischer, in seiner Längenrichtung beanspruchter Körper innerhalb seiner Elastizitätsgrenze um seine ganze Länge ausgedehnt oder zusammengepreßt werden könnte, falls dies die Substanz zulassen würde.

Tragmodul ist die Spannung, welche der Elastizitätsgrenze entspricht.

Der Zug- und Druckfestigkeit entsprechen ein Zug- und Druck-Tragmodul.

Bruchmodul hingegen nennt man die Spannung, welche den Bruch des Holzes herbeiführt.

Alle Moduli drückt man in Kilogrammen aus und bezieht sie auf einen Quadrat-Zentimeter Querschnitt; sollten jedoch große Kräfte zur Ueberwindung der mechanischen Eigenschaften (bei Verwendung großer Querschnitte) erforderlich sein, so

drückt man die Kräfte bequemer in Tonnen à 1000 kg aus und gibt die Querschnittfläche in Quadrat-Zentimetern an. Außerdem kann man die Moduli in Atmosphären ausdrücken (at, unter Atmosphäre 1 kg pro qcm verstanden).

§ 21. Die verschiedenen Arten von Festigkeiten, welche wir zu unterscheiden haben, sind folgende:

a) Zugfestigkeit oder absolute Festigkeit, d. i. der Widerstand, welchen das Holz der Trennung seiner Teile durch Zerreißen oder Abreißen entgegensetzt, wenn Kräfte in der Richtung der Fasern [1] ziehend oder spannend wirken;

b) Quer-Zugfestigkeit, der Widerstand, den das Holz gegen das Zerreißen leistet, vorausgesetzt, daß die Richtung des Zuges rechtwinkelig gegen die Lage der Fasern [2]) steht.

c) Druckfestigkeit oder rückwirkende Festigkeit. Ist die Kraft gerade entgegengesetzt der Zugfestigkeit, so wird der Körper auf seine Druckfestigkeit beansprucht, vorausgesetzt, daß die Länge des Stabes im Vergleiche zu dessen Querschnitts-Abmessungen nicht zu groß sei. Ist die Länge des Stabes so viel mal größer als seine Querschnitts-Abmessungen, daß dem Bruche eine Durchbiegung vorangeht, so wird der Stab auf

d) Zerknickungs- oder Säulen-Festigkeit beansprucht, denn hier kommt neben der Druck- auch die Biegungs-Festigkeit gleichzeitig in Betracht.

e) Die Biegungs-Festigkeit oder relative Festigkeit, d. h. der Widerstand gegen das Zerbrechen, wobei das Holz an einem Ende oder an beiden Enden unterstützt (befestigt) ist und eine Kraft rechtwinkelig gegen die Fasern, sowie gegen die Hauptdimension (Länge) des Stückes wirkt.

Die Biegsamkeit des Holzes läßt sich ausdrücken durch die äußerste Größe der Biegung, welche unter festgesetzten Umständen ein an seinen beiden Enden unterstützter, in der Mitte seiner Länge belasteter Stab annimmt, bevor er bricht. In diesem Sinne gebraucht man dafür auch den Ausdruck Zähigkeit. Frisches (grünes), durchnäßtes und gedämpftes Holz ist in viel höherem Grade biegsam oder zäh als trockenes. Soferne das Holz nach solcher Behandlung die ihm aufgezwungene Form beibehält, spricht man von dessen Formbarkeit.

f) Die Drehungs- oder Torsions-Festigkeit ist der Widerstand, welchen ein Körper der Verdrehung um seine geometrische Achse entgegensetzt.

g) Die Festigkeit gegen das Verschieben oder Abscherungs-Festigkeit (Schubfestigkeit), welche sich äußert, wenn durch eine in der Richtung der Fasern oder senkrecht zu derselben wirkende Kraft ein Teil der Fasern längs der übrigen Holzmasse fortgeschoben oder fortgezogen und dadurch von derselben abgetrennt oder abgerissen werden soll.

h) Die Spaltungsfestigkeit, d. i. der Widerstand gegen Trennung der Fasern durch einen zwischen sie eindringenden, keilförmigen Körper. Geht diese Trennung leicht vor sich, so bezeichnet man diese Eigenschaft als Spaltbarkeit. Nach den Ebenen der Spiegelfasern ist diese in der Regel größer als nach der Sehne der Jahresringe; gar nicht „spaltbar" sind die Maserhölzer.

i) Härte ist der Widerstand des Holzes gegen das Eindringen eines beliebigen Körpers in dasselbe; Schnittfestigkeit der Widerstand speziell gegen das Eindringen eines schneidigen Werkzeuges.

1) Bezeichnet mit // zur Faser.
2) Bezeichnet mit ⊥ zur Faser.

§ 22. Der Lehre von der Elastizität und Festigkeit der Materialien, die uns Aufschluß über die Widerstände gibt, welche feste Körper den auf sie von außen einwirkenden Kräften entgegenstellen, sind die nachstehenden Formeln entnommen, welche zur Berechnung der durch Versuche gewonnenen Daten erforderlich sind.

1. Zug- und Druckfestigkeit.

Die Belastung P, welche ein auf Zug- oder Druckfestigkeit in Anspruch genommener Körper zu tragen vermag, ist:

$$P = \frac{\Delta l}{l} F . \varepsilon,$$

wobei Δ l die Verlängerung beziehungsweise Verkürzung der ursprünglichen Länge l des Stabes für die Belastung P, F den Querschnitt des Stabes und ε den Elastizitätsmodul bezeichnet.

2. Zerknickungs- oder Säulen-Festigkeit.

Die Bruchbelastung P eines auf Zerknicken beanspruchten Stabes ist, je nach der Befestigungsweise der Stabenden, wenn:

1. ein Ende fest (eingeklemmt), das andere frei ist,

$$P = \frac{\pi^2}{4} \frac{\varepsilon \Theta}{l^2};$$

2. beide Enden frei und in der ursprünglichen Achse geführt,

$$P = \pi^2 \frac{\varepsilon \Theta}{l^2};$$

3. ein Ende fest, das andere frei in der Achse geführt,

$$P = 2\pi^2 \frac{\varepsilon \Theta}{l^2};$$

4. beide Enden fest und in der ursprünglichen Stabachse geführt,

$$P = 4\pi^2 \frac{\varepsilon \Theta}{l^2},$$

wobei l die Länge der Säule, Θ das Trägheitsmoment des Querschnittes in der Mitte des Stabes und ε den Elastizitätsmodul bezeichnet.

3. Biegungsfestigkeit.

Die biegende Kraft

$$P = \frac{2}{3} \frac{bh^2\delta}{l} \text{ oder } \delta = \frac{3}{2} \frac{P . l}{bh^2},$$

wobei δ die Biegungsspannung in den äußersten Fasern, P die in der Mitte konzentrierte Kraft, l die Spannweite, b und h des Querschnitts Breite und Höhe bezeichnen.

Bedeutet ε den Elastizitätsmodul, Θ das Trägheitsmoment des Querschnittes und f den Biegungspfeil, so ist

$$\varepsilon = \frac{1}{48} \frac{Pl^3}{f . \Theta} = \frac{1}{4} \frac{Pl^3}{fbh^3}.$$

4. Torsions-Festigkeit.

Bezeichnen:

τ die Maximalschubspannung, welche beim kreisförmigen Querschnitt ringsum in der Peripherie, beim quadratischen in den Seitenmitten, beim elliptischen an den Enden der kleinen Halbachse und beim rechteckigen Querschnitt in den Mitten der Langseiten stattfindet,

T das Torsionsmoment = der Kraft P mal dem Hebelarm l, an welchem die Kraft P wirkt,

w die durch dasselbe hervorgebrachte Verdrehung zweier Querschnitte gegeneinander;

r den Radius des Kreises, auf welchem w als Bogen gemessen wird;

e die gegenseitige Entfernung jener beiden Querschnitte;

F den Flächeninhalt und

Θ' das polare Trägheitsmoment eines Querschnittes, bezogen auf dessen Schwerpunkt;

a, b die große und kleine Halbachse eines elliptischen oder die große und kleine Halbseite eines rechteckigen Querschnitts, speziell aber

a den Radius eines kreisförmigen oder die Halbseite eines quadratischen Querschnittes,

$\Theta\varkappa$ das Trägheitsmoment des Querschnittes in bezug auf eine, durch seinen Schwerpunkt gehende, mit der Achse a zusammenfallende, oder mit der Seite a parallele Momentenachse und

η den Schubelastizitätsmodul, so ist

$$\tau = \varkappa' \frac{T}{\Theta\varkappa} b \text{ und}$$

$$\eta = \varkappa \frac{T\,\Theta'}{w\,F^4} er.$$

In diesen Formeln bedeuten $\varkappa$ und $\varkappa'$ Koeffizienten, welche für die verschiedenen Querschnittsformen nach Saint-Venant folgende Werte besitzen:

Für den kreisförmigen und elliptischen Querschnitt ist

$$\varkappa = 4\pi^2 = 39{,}48 \text{ und } \varkappa' = 0{,}5$$

für den rechteckigen Querschnitt mit dem Seitenverhältnis:

$$1:1 \text{ ist } \varkappa = 42{,}68 \text{ und } \varkappa' = 0{,}75$$

$$1:2 \text{ ist } \varkappa = 42{,}00 \text{ und } \varkappa' = 0{,}75$$

$$1:4 \text{ ist } \varkappa = 40{,}20 \text{ und } \varkappa' = 0{,}75$$

5. Abscherungs-Festigkeit.

Bezeichnet man mit P die abscherende Kraft in kg, F den abgescherten Flächeninhalt in qcm, so hat man als Maß für die Abscherungs- oder Scherfestigkeit

$$S = \frac{P}{F}.$$

Es stellt also die Scherfestigkeit die Kraft in Kilogrammen vor, welche notwendig ist, um eine Fläche von 1 qcm abzuscheren; d. h. ist die abscherende Kraft parallel zur Richtung der Holzfaser, so ist die Scherfestigkeit jene Kraft in Kilogrammen ausgedrückt, welche erforderlich ist, um die Parallelkohäsion von 1 qcm zu überwinden.

§ 23. Die Beschreibung der bei den Versuchen benützten Maschinen mit in den Rahmen dieser Arbeit aufzunehmen, würde viel zu weit führen, doch halten wir es für angemessen, jene Quellen anzugeben, aus denen die Konstruktion der Versuchsapparate entnommen werden kann. Eine kurz gehaltene Uebersicht der Literatur, welche die Versuchsreihen der verschiedenen Autoren enthält, wurde bereits in der „Einleitung" gegeben. Die Resultate, welche ältere Autoren gefunden haben, hier zu benutzen, halten wir nicht für angezeigt. Wohl ist es höchst lehrreich, die Art und Weise der Durchführung auch dieser älteren Versuche zu verfolgen, da sie zeigen, mit welch geringwertigen technischen Hilfsmitteln die Versuche durchgeführt wurden; die Resultate bewegen sich aber innerhalb so weit voneinander entfernter Grenzen, woran nicht nur die Heterogenität des Versuchsmateriales, sondern vielmehr auch die primitiven Versuchsapparate Schuld tragen, daß dieselben für die praktische Be-

nutzung kaum mit Vorteil Anwendung finden können. Wir beschränken uns daher auf die Wiedergabe der Versuchsresultate, welche die neueren Forscher gefunden haben, aus dem Grunde, weil dieselben mit Versuchsstücken größerer Dimension und mit Versuchsapparaten gearbeitet haben, welche die Ablesung der Beobachtungsresultate entweder gleich genau oder doch mit nahezu gleicher Präzision zuließen.

Zu den vollkommensten Festigkeits-Maschinen gehört die Maschine von Ludwig Werder, welche von der Maschinenbau-Aktiengesellschaft „Nürnberg", vormals Klett u. Co. ausgeführt wird. Die zu dieser Maschine gehörigen Instrumente zum Messen der Gestalts-Veränderung der Probekörper, konstruiert von Prof. J. Bauschinger, werden in dem mechan.-technischen Laboratorium der K. Techn. Hochschule in München ausgeführt. Die Beschreibung der Maschine sowohl als der dazu gehörigen Instrumente ist in der von der genannten Fabrik publizierten Schrift: „Die Maschine zum Prüfen der Festigkeit der Materialien, konstruiert von L. Werder", München 1882, zu finden.

Mit dieser Maschine sind sowohl die Versuche von Bauschinger durchgeführt worden als auch jene, welche der Vorstand der eidg. Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien in Zürich Prof. L. Tetmajer und der Professor an der k. k. technischen Hochschule in Wien Karl v. Jenny bezüglich der Festigkeit des Holzes unternommen haben.

Auch die neueren Versuchsreihen, herrührend von M. Rudeloff, wurden auf der Werderschen Maschine durchgeführt. Die Untersuchungen über die Druckfestigkeit des Holzes von Dr. A. Schwappach wurden mit der Festigkeitsprobiermaschine von Pohlmeyer vorgenommen, während bei den größeren Probekörpern die 500 Tonnen-Maschine Bauart Hoppe zur Anwendung gelangte. Beide Maschinen standen dem Versuchsansteller in der Charlottenburger Materialprüfungs-Anstalt zur Verfügung, während A. Hadek und G. Janka eine 130 Tonnen-Presse von der Firma Amsler-Laffon u. Sohn in Schaffhausen benutzten, welche mit einem Spiegel-Apparat System Martens ausgerüstet war. Letzterer dient bekanntlich zur Beobachtung der äußerst geringen Längenveränderungen, welche das Holz durch Druck parallel zur Faser innerhalb seiner Elastizitätsgrenze erleidet und deren Messung zur Berechnung der Druck-Elastizitätskoeffizienten erforderlich ist.

Nebst den Arbeiten der letztgenannten Autoren sind noch zu berücksichtigen: Die Untersuchungen von Karl Mikolaschek, welcher sich der Gollnerschen Festigkeitsmaschine bediente (siehe „Technische Blätter" Jahrgang 1877 bis 1881) und die Arbeiten von Prof. Ernst Hartig, welcher seine Versuche mit einem Schlagapparat, ausgeführt in der Sächsischen Maschinenfabrik zu Chemnitz, vorgenommen hatte.

Jene Untersuchungen von W. F. Exner, welche gelegentlich der „Studien über das Rotbuchenholz, Wien 1875" in Beziehung auf die rückwirkende Festigkeit dieses Holzes angestellt worden sind, wurden mit einer englischen hydraulischen Presse durchgeführt, welche eine Drucksteigerung bis zu 12000 kg auf die Preßkolbenfläche von 25,51 Quadrat-Zentimeter zuläßt. Mit dem gleichen Apparate sind jene Untersuchungen vorgenommen worden, welche zur Lösung der Frage der technischen Verwendung des Ailanthus-Holzes mit besonderer Berücksichtigung des Wagenbaues (siehe Mitteilungen des Techn. Gewerbe-Museums Nr. 62) in Ausführung gebracht wurden [1]).

[1]) Eine sehr hübsche, übersichtliche Darstellung der Einrichtung und Ausrüstung aller wichtigeren mechanisch-technischen Laboratorien findet man in der Monographie: The Use and Equipment of Engineering Laboratories by Alexander Blackie William Kennedy, London: Published by the Institution of Civil Engineers, 1887.

§ 24. Um die Holzuntersuchungen auf eine einheitliche Grundlage zu stellen und zu erreichen, daß die von verschiedenen Versuchsstellen erhaltenen Ergebnisse untereinander vergleichbar sind, wurde auf dem Kongreß des Internationalen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik zu Brüssel im Jahre 1906 ein Arbeitsplan für die Prüfung von Holz auf seine technischen Eigenschaften vereinbart, der unter Mitwirkung von Forstleuten und Technikern unter dem Vorsitze Prof. Dr. Schwappachs nach dem Referate Prof. Rudeloffs ausgearbeitet worden war. Es scheint uns am Platze, die Grundzüge dieses Arbeitsplanes für die Untersuchungen des Holzes wenigstens in kurzen Umrissen hier vorzuführen.

Diese Grundsätze für einheitliche Verfahren zur Prüfung von Holz enthalten:

I. Angaben über den Ursprung des Materiales.

II. Aeußere Kennzeichen der Eigenschaften.

III. Die Prüfungsverfahren.

IV. Die Probenentnahme.

I. Die Angaben über den Ursprung des Materials erstrecken sich auf den Standort, die Standortsgüte, die Art des Bestandes und die Wachstumsverhältnisse sowie das Alter der Bäume, die Fällungszeit, die Art der Lagerung und des Trocknens von der Fällung bis zur Prüfung und die Lage des Versuchsstückes im Stamme.

II. Als äußere Kennzeichen der Eigenschaften des Holzes sind anzugeben: Das Aussehen des Längsschnittes oder der Spaltfläche und des Querschnittes, also die Jahrringbildung und Jahrringlagerung, worunter auch die Daten bezüglich des Spätholzprozentes inbegriffen sind.

III. Bei den Prüfungsverfahren wird grundsätzlich festgestellt, daß die Proben zunächst an ast- und fehlerfreiem Material vorgenommen werden sollen, oder doch wenigstens die Ergebnisse für astfreies und astiges Material auseinanderzuhalten sind.

A. Zur Kennzeichnung der Festigkeitseigenschaften eines Bauholzes dient an erster Stelle der Druckversuch, der Biegeversuch und der Scherversuch; Zug- und Spaltversuche sind nicht obligat, werden aber anempfohlen. Als Belastungsgeschwindigkeit wird die Laststeigerung von 20 kg auf 1 cm^2 in der Minute festgesetzt. Der Feuchtigkeitsgehalt der Probe ist zu ermitteln, die Beobachtungswerte sollen womöglich auf den Feuchtigkeitsgehalt von 15% (Normalfeuchtigkeitsgehalt) reduziert werden.

1. Beim Druckversuch ist zu ermitteln: Die Spannung an der Proportionalitätsgrenze, der Elastizitätsmodul, die Bruchspannung und die Verkürzung mit fortschreitender Belastung bis zum Bruche, dann der Quotient $\frac{\text{Druckfestigkeit}}{\text{spezif. Gewicht}}$ beim Normalfeuchtigkeitsgehalt. Als Form des Probekörpers für gewöhnliche Druckversuche gilt der Würfel, für Druckelastizitätsuntersuchungen das Prisma, dessen Länge der 3fachen Querschnittskante gleich sein soll. Bei Untersuchung ganzer Stämme sind die Proben in der Art aus dem Stammquerschnitt zu entnehmen, daß eine Diagonale der quadratischen Druckfläche des Probekörpers einen Halbmesser des Stammquerschnitts bildet; bei Sonderuntersuchungen sind Probenentnahmen derart anzuwenden, daß immer 2 Seiten des Probekörpers möglichst tangential zu den Jahrringen verlaufen.

2. Der Biegeversuch wird an prismatischen Stäben in der Art durchgeführt, daß der Stab an beiden Enden unterstützt und in der Mitte durch eine Einzel-

last auf Biegung beansprucht wird. Der Reiter, d. i. die Zwischenlage zwischen der Angriffsschneide der Maschine und dem Probebalken, besteht aus hartem Holz und wird in seinen Dimensionen genau vorgeschrieben. Die Entnahme der Biegeproben aus dem Stammquerschnitt erfolgt analog wie bei der Entnahme der Druckproben. Die Stützweite der Biegebalken soll mindestens gleich der 8fachen Stärke des Balkens sein; sie wird mit 1,5 m festgesetzt. Ermittelt werden beim Biegeversuch: Die Proportionalitätsgrenze, der Elastizitätsmodul, die Bruchspannung, der Verlauf der Durchbiegungen mit fortschreitender Belastung bis zur Bruchlast zur Verzeichnung des Biegungsdiagrammes, die Biegungsarbeit bis zur Proportionalitäts- und bis zur Bruchgrenze. Die Biegungsarbeit ist auf einen Normalbiegestab von 10 × 10 cm Querschnitt und 1,5 m Stützweite zu beziehen, um die Werte für Stäbe von verschiedenen Abmessungen vergleichbar zu machen.

3. Der Scherversuch ist an prismatischen Proben einschnittig auszuführen und soll sich auf die Ermittlung der Festigkeit radial und tangential zu den Jahrringen erstrecken. Der Angriff der Belastung erfolgt stets von Hirn aus; die Scherbacken sollen nicht über 10 cm breit sein, die Breite der Proben bei Radialschnitt nicht über 50 mm, bei Tangentialschnitt nicht über 30 mm betragen; die Länge der Proben in der Kraftrichtung soll gleich der 4fachen Breite der Scherbacken sein. Ermittelt wird die Bruchspannung, bezogen auf den vollen Probenquerschnitt.

4. Zur Ermittlung der Zugfestigkeit in der Längsrichtung der Faser dienen Flachstäbe, die aus Spaltstücken herausgearbeitet werden sollen. Die Dicke der Stäbe beträgt 1 cm, die Breite mindestens 2 cm, die Versuchslänge 22 cm.

5. Der Spaltversuch wird an kluppenförmigen Proben in der von Nördlinger eingeführten Form durchgeführt; die Dimensionen der Spaltfläche sind 2,5 × 4,0 cm; beobachtet wird die Bruchlast.

B. Der Feuchtigkeitsgehalt ist in Prozenten des Absoluttrockengewichtes anzugeben; er ist möglichst unmittelbar an den ganzen Festigkeitsproben, andernfalls an Scheiben von 2—5 cm Stärke zu ermitteln, welche möglichst nahe der Bruchstelle quer zur Faserrichtung entnommen sind und den ganzen Probenquerschnitt umfassen. Die Trocknung der Proben behufs Ermittlung des Feuchtigkeitsgehaltes erfolgt im Trockenkasten bei 95—98° C. Als Normalfeuchtigkeitsgehalt, auf welchen Gewichts- und Festigkeitszahlen zu reduzieren sind, ist derjenige von 15 % anzunehmen.

C. Das spezifische Gewicht (Raumgewicht) wird entweder stereometrisch aus den Abmessungen sauber bearbeiteter rißfreier Proben oder mittels Eintauchverfahrens nach der verdrängten Wassermenge ermittelt. Die Zahlenwerte für das spezifische Gewicht sind auf einen einheitlichen Feuchtigkeitsgehalt (15 %) umzurechnen.

D. Die Veränderung des Rauminhaltes des Holzes durch Schwinden und Quellen wird entweder unmittelbar mittels Eintauchverfahrens an Stücken beliebiger Form oder durch Berechnung aus den Längenänderungen prismatischer Proben senkrecht und tangential zu den Jahrringen sowie in der Längsrichtung der Faser ermittelt, wobei gleichzeitig auch die Gewichtsänderungen der Probehölzer anzugeben sind.

E. Bezüglich der Dauer des Holzes sind bestimmte Vorschläge für eine einheitliche Prüfung noch nicht festgesetzt. Nach den Vorschlägen von Prof. Dr. Tubeuf dürfte sich hiezu am besten die Infizierung der auf Dauer zu untersuchenden Hölzer mit dem lebenden Mycel des Hausschwammes und die Beobachtung der

Zersetzungserscheinungen, die sich in der Verminderung des spezifischen Gewichtes des Holzes äußern, eignen.

IV. Betreffs der Entnahme der Proben aus ganzen Stämmen wird zur Ermittlung von Durchschnittseigenschaften vorgeschlagen, einen Abschnitt zur Ausformung der Biegeproben zwischen 7 und 10 m Höhe vom Boden aus, die Proben zu den übrigen Versuchen unmittelbar ober- und unterhalb der Biegeproben zu entnehmen. Zur Erprobung der Stämme auf Verwendbarkeit zu Tragbalken und Stützen von bestimmter Länge soll die Mitte der Biegeproben tunlichst mit der Mitte der Gebrauchsstücke zusammenfallen. Bei Untersuchungen über den Einfluß der Höhenlage der Probe am Stamm soll der unterste Abschnitt zur Ermittlung der Druckfestigkeit und des spezifischen Gewichtes 1,3 m über dem Boden (Brusthöhe) gelegen sein, die weiteren Abschnitte in je 6 m Abstand dem Stamme entnommen werden. Um die durchschnittliche Beschaffenheit des Holzes eines bestimmten Standortes festzustellen, sind mindestens 3 Stämme zur Untersuchung heranzuziehen.

§ 25. Im Nachstehenden geben wir nun im Auszuge die Resultate jener Versuchsreihen, welche mit den eben zitierten Maschinen von den folgenden Autoren gewonnen wurden:

Karl Mikolaschek, Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der wichtigsten Bau- und Nutzhölzer Böhmens. Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs Band II, Heft I, Wien 1879.

K. Jenny, Untersuchungen über die Festigkeit der Hölzer aus den Ländern der ungarischen Krone. Budapest 1873.

Dr. W. F. Exner, Studien über das Rotbuchenholz. Wien 1875.

Georg Lauboeck, die technische Verwendung des Ailanthus-Holzes mit besonderer Berücksichtigung des Wagenbaues. Mitteilungen des Technologischen Gewerbe-Museums Nr. 62. 1885.

Dr. E. Hartig, Untersuchungen über den Einfluß der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Fichtenholzes, ausgeführt an der Kgl. Sächs. Forstlichen Versuchsstation zu Tharandt und am Kgl. Sächs. Polytechnikum zu Dresden. 1876.

L. Tetmajer, Methoden und Resultate der Prüfung der schweizerischen Bauhölzer. Zürich 1883 und Zürich 1896.

J. Bauschinger, Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit von Fichten- und Kiefern-Bauhölzern; Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der K. Technischen Hochschule in München, 1883 und 1887.

M. Rudeloff, Bericht über die im Auftrage des Herrn Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forsten ausgeführten Holzuntersuchungen. Berlin 1889.

Dr. A. Schwappach, Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit des Holzes wichtiger Waldbäume. I. Die Kiefer. Berlin 1897. — II. Fichte Weißtanne, Weymouthskiefer und Rotbuche. Berlin 1898.

A. Hadek und G. Janka, Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der österr. Bauhölzer. I. Fichte Südtirols. Wien 1900.

G. Janka, Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der österr. Bauhölzer. II. Fichte von Nordtirol, vom Wienerwalde und Erzgebirge. Wien 1904, und III. Fichte aus den Karpathen, aus dem Böhmerwalde, Ternovanerwalde und den Zentralalpen. Technische Qualität des Fichtenholzes im allgemeinen. Wien 1909.

§ 26. Die Versuche von Mikolaschek hatten den Zweck, die Elastizität und Festigkeit der wichtigsten Bau- und Nutzhölzer Böhmens hinsichtlich der Lage des Holzes im Stamme selbst zu ermitteln. Die Untersuchungen erstreckten sich auf 14 verschiedene Holzarten. Von diesen

Hölzern wurde vom untersten Teile sowie von jenem Teile des Stammes, der in einer gewissen Höhe über dem Stocke lag, und endlich vom Astholz je ein meterlanges Stück samt Rinde entnommen und der Untersuchung auf folgende Arten von Festigkeit unterzogen:

1. Zugfestigkeit in der Richtung der Fasern,
2. Druckfestigkeit in der Richtung der Fasern,
3. Biegungsfestigkeit,
4. Torsionsfestigkeit,
5. Abscherungsfestigkeit sowohl in der zu den Fasern parallelen als auch in einer darauf senkrechten Richtung.

Bei den ersten vier Festigkeitsarten wurden bestimmt: Die Elastizitätsgrenze sowie die Formveränderungen an derselben, der Elastizitätsmodul innerhalb der Elastizitätsgrenze, die Bruchgrenze und bei den Biegungs- und Torsionsversuchen auch die bleibenden Formveränderungen an derselben. Bei den Abscherversuchen konnte natürlich bloß die Bruchgrenze bestimmt werden.

Zur Erprobung des Holzes auf seine Zugfestigkeit in der Faserrichtung wurden Probestücke von rechteckigem Querschnitte gewählt. Die Probestücke waren sämtlich aus nahe der Mitte des Querschnittes gelegenen Teilen desselben entnommen. Mikolaschek hat bei allen Festigkeitsuntersuchungen jeder einzelnen Holzart folgende Baumteile in Berücksichtigung gezogen: Untertrumm, Mitteltrumm und Astholz. Wir beschränken uns im Nachfolgenden auf die Wiedergabe der hauptsächlichsten Versuchsresultate, das sind jener, welche sich auf das Mitteltrumm beziehen.

Die Probelänge der Versuchsstücke bei den Zugversuchen betrug 17 Zentimeter. Die bei den Druckversuchen verwendeten Probestücke waren von prismatischer Form und zwar dem Würfel sehr genähert; die Höhe der Versuchsstücke betrug ca. 6 Zentimeter.

Zur Vornahme der Biegungsversuche wurden Probestücke von rechteckigem Querschnitt gewählt und dieselben auf die Hochkante gestellt. Die Spannweite betrug 0,5 Meter der frei aufliegenden Stäbe.

Die für die Torsionsversuche verwendeten Probestücke hatten einen kreisförmigen Querschnitt und waren mit quadratischen Köpfen versehen, mit welchen sie in die Maschine zentrisch eingepaßt wurden. Die Länge der Probestücke betrug 40 Zentimeter. Zur Bestimmung der Verdrehungen wurde nur eine Faser beobachtet, was hier, wo die Formveränderungen regelmäßig sind, ohne Beeinträchtigung der Genauigkeit geschehen konnte. Dem Bruche ging häufig eine bedeutende (bis 160 Grad) Verdrehung voraus und trat mit dieser eine starke Verkürzung des Stabes auf.

Bei den Abscherversuchen wurden zylindrische Probestücke von kreisförmigem Querschnitte verwendet, und zwar war der Durchmesser bei sämtlichen Stücken nahezu gleich (ca. 3,55 Zentimeter). Jedes Probestück wurde auf seine Scherfestigkeit sowohl in der Faserrichtung als auch quer gegen dieselbe untersucht. (Siehe Tabelle IV, S. 393).

Aus diesen Versuchsresultaten, welche sich auf die Ergebnisse des Mitteltrumms[1]) der einzelnen Holzarten beziehen, und aus jenen, welche Mikolaschek für das Untertrumm und Astholz gefunden hat, ließen sich folgende Schlußresultate zusammenfassen:

---

1) Das Mitteltrumm ist bei den verschiedenen Stämmen in der Höhe von 4—12 Meter über dem Stocke entnommen worden.

Tabelle IV.

Ergebnisse der Festigkeitsversuche des Holzes von Mikolaschek.

Holzart	Zugversuche Zugrichtung parallel mit der Faserrichtung			Druckversuche Druckrichtung parallel mit der Faserrichtung			Biegungsversuche			Torsionsversuche			Abscherversuche	
	Elastizitäts-grenze	Elastizitäts-modul	Zugfestigkeit	Elastizitäts-grenze	Elastizitäts-modul	Absolute Druckfestigkeit	Elastizitäts-grenze	Elastizitäts-modul	Biegungs-festigkeit	Elastizitäts-grenze	Elastizitäts-modul	Torsions-festigkeit	Abscherfestigkeit quer zur Faserrichtung	Abscherfestigkeit parallel zur Faserrichtung
	Kilogramm pro Quadratcentimeter													
Fichte	141,00	95 880	277,7	216,20	32 570	300,15	171,70	78 840	466,13	30,06	40 083	52,60	222,2	58,8
Tanne	168,60	115 000	736,6	286,30	246 000	314,93	124,10	66 300	432,06	33,26	46 730	54,18	279,5	37,7
Kiefer	139,20	124 000	556,1	200,53	66 100	267,37	76,60	53 300	287,21	23,12	60 200	51,37	201,5	32,8
Lärche	174,80	137 600	376,4	211,50	31 720	310,10	211,00	72 350	545,00	35,40	48 170	56,72	262,6	18,0
Schwarzerle	98,30	108 100	343,9	129,50	91 050	197,85	118,00	63 180	393,15	33,72	55 463	60,07	201,5	55,5
Weißerle	145,00	135 400	395,2	115,18	98 970	157,62	141,80	64 260	438,63	27,62	51 600	13,61	239,0	30,0
Salweide	203,80	102 110	271,7	126,26	101 000	272,16	201,05	78 670	588,10	30,94	93 750	109,30	273,4	70,7
Winterlinde	119,40	111 900	372,3	221,89	60 000	258,62	79,05	73 900	382,06	20,50	56 250	76,88	217,1	12,7
Feldulme	190,50	158 000	660,7	186,57	131 170	238,10	200,25	59 660	500,63	27,55	72 310	80,35	237,4	77,0
Bergahorn	228,70	100 800	559,1	135,16	96 690	243,51	186,44	63 940	501,94	49,21	73 360	94,90	340,1	90,9
Weißbuche	119,60	91 200	171,0	127,70	114 000	281,21	392,20	70 100	632,57	33,96	110 220	109,20	317,0	73,2
Rotbuche	313,57	189 600	385,6	353,70	174 300	374,93	177,90	100 600	632,66	38,36	78 700	81,84	368,1	91,4
Traubeneiche	261,50	76 350	323,6	222,45	—	264,81	212,81	63 300	473,00	32,11	6 590	73,85	176,7	75,7
Stieleiche	333,86	101 350	643,9	233,50	66 030	345,01	313,87	73 400	677,92	48,14	82 530	96,28	376,0	76,2

1. Aus den Zugversuchen: „Die Zug-Elastizitätsgrenze zeigt sich im allgemeinen bei dem Untertrummholze höher als beim Mitteltrummholze und diese liegt in manchen Fällen sehr bedeutend höher als jene beim Astholz.

Die Elastizitätsgrenze für Zug liegt zirka zwischen 0,2 und 0,5 des Wertes der absoluten Zugfestigkeit (Bruchgrenze). Der Elastizitäts-Modul zeigt sich bei allen Holzarten beim Mitteltrummholze am größten, beim Untertrummholze kleiner, jedoch in den meisten Fällen hier noch immer größer als beim Astholze.

Die absolute Zugfestigkeit (Bruchgrenze) zeigt sich dagegen hauptsächlich beim Unterholze größer als beim Mittelholze und Astholze.

Es stellt sich somit nach den Zugversuchen heraus, daß das Unterholz nicht nur eine größere Elastizität, sondern auch eine größere Festigkeit besitzt als das Mittelholz, welchem eine größere Steifheit zukommt. In bezug auf die Festigkeit steht das Astholz dem Mittelholze nach, bezüglich der Elastizität dagegen hält es zwischen dem Unter- und Mittelholz die Mitte.

Der Bruch erfolgte bei den meisten Stäben nicht in einem Querschnitt, sondern in zwei oder mehreren von einander entfernt liegenden, die durch einen oder mehrere Längsrisse mit einander in Verbindung standen. Manchmal, namentlich bei den Nadelhölzern, war der Bruch sehr splitterig, nur bei wenigen war derselbe stumpf und kurzfaserig."

2. Aus den Druckversuchen: „Die Elastizitätsgrenze für Druck stellt sich für die Mehrzahl der Hölzer beim Mittelholze höher als beim Unterholze und beim Astholze häufig höher als beim Unter- und Mittelholze.

Die Zusammendrückungen sind beim Unterholze kleiner als beim Mittelholze und diese wieder bei nahezu allen Holzarten kleiner als beim Astholze. Der Elastizitäts-Modul ist beim Unterholze bei der Mehrzahl der Holzarten größer als beim Mittelholze, beim Astholze ist bezüglich dieses Wertes eine große Verschiedenheit zu konstatieren.

Die absolute Druckfestigkeit ist beim Unterholze nur wenig größer als beim Mittelholze, beim Astholze dagegen größer als bei beiden ebengenannten Arten. Es zeigt sich daher, daß die absolute Druckfestigkeit des Unterholzes wenig größer als jene des Mittelholzes, hingegen jene des Astholzes am größten ist; dagegen ist das Unterholz steifer als das Mittelholz, während das Astholz mancher Sorten steifer, anderer Sorten wieder elastischer ist als das Mittel- und Unterholz derselben Baumgattung."

3. Aus den Biegungsversuchen: „Nach denselben stellte sich die Elastizitätsgrenze für Biegung beim Unterholze höher als beim Mittelholze und jene beim Astholze höher als bei den beiden anderen Holzarten heraus. Sie liegt zirka bei 0,25 bis 0,50 der Inanspruchnahme an der Bruchgrenze. Die Einbiegungen an derselben sind beim Unterholze am kleinsten, beim Astholze am größten. Der Elastizitätsmodul ist beim Astholze der meisten Holzarten kleiner als beim Unter- und Mittelholze und der Elastizitätsmodul dieser letzteren ist nahezu der gleiche; weiters ist die Biegungsfestigkeit beim Unterholze am kleinsten, beim Astholze am größten.

In bezug auf diese Festigkeit zeigt sich das Astholz am festesten, das Unterholz am wenigsten fest: bezüglich der Elastizität stellt sich gleichfalls das Unterholz minder elastisch, also steifer, als das Mittelholz heraus, während das Astholz die größte Elastizität besitzt."

4. Aus den Torsionsversuchen: „Die Elastizitätsgrenze für Torsion liegt beim Astholze am höchsten, beim Mittelholze am tiefsten und befindet sich zirka bei $^1/_3$ bis $^3/_4$ der Inanspruchnahme des Materials an der Bruchgrenze. Die

Verdrehungen sind beim Astholze ebenfalls am größten, beim Mittelholze entweder größer als diese oder nahezu gleich jenen beim Unterholze. Der Elastizitätsmodul ist beim Mittelholze am kleinsten, beim Unterholze teils größer, teils kleiner als beim Astholze. Die Torsionsfestigkeit ist beim Astholze am größten, beim Mittelholze am kleinsten. Es ist deshalb das Astholz am festesten, das Mittelholz am wenigsten fest, während mit Rücksicht auf die Elastizitätsverhältnisse das Mittelholz am steifsten, Ast- und Unterholz sich aber in dieser Beziehung nahezu gleich verhalten."

5. Aus den Abscherversuchen: „Die Festigkeit in der Richtung quer gegen die Fasern ist beim Astholz am kleinsten, beim Unterholz teils größer, teils kleiner als beim Mittelholze; in der Richtung der Fasern ist die Festigkeit bei der Mehrzahl der Holzarten beim Mittelholze größer als beim Ast- und Unterholze, welch letztere sich in dieser Beziehung nahezu gleich stellen."

Aus sämtlichen Versuchen von Mikolaschek läßt sich folgender Schluß ziehen: „Nimmt man speziell auf die Festigkeit Rücksicht, so ergibt „sich nachstehende Reihe, wenn die größte Festigkeit vorangesetzt wird: Astholz, „Unterholz, Mittelholz. In bezug auf Elastizität, wenn die größte Elastizität „vorausgesetzt wird: Astholz, Unterholz, Mittelholz, woraus das Schlußergebnis resultiert, daß dem Holze von größerer Festigkeit auch die „größere Elastizität zukommt".

Endlich zeigt sich, daß wegen der großen Verschiedenheit der Werte der Elastizitäts- und Bruchgrenze, sowie der Moduli für die verschiedenen Holzarten eine sehr große Zahl von Versuchen notwendig wäre, um entsprechende Mittelwerte aufstellen zu können.

§ 27. Die Versuche Jennys hatten den Zweck, die Elastizitäts- und Festigkeits-Eigenschaften der ungarischen Hölzer kennen zu lernen. Die Versuche erstreckten sich auf die Ermittlung der Zug-, Druck- und Abscherfestigkeit der Buche, Tanne, Fichte und Lärche.

Eine Diskussion der Versuchsresultate wurde von dem Versuchsansteller unterlassen; von demselben wurden nur die nackten Ergebnisse der Messungen und Bestimmungen der Elastizitäts- und Festigkeitsgrößen angegeben.

Die 3 Holzarten Buche, Tanne und Fichte wurden von dem Forstamte Fuccine (Kroatien), Lärche und Fichte von dem Forstamte Hradek (Nordkarpathen) eingesandt. Die erstgenannten Hölzer wurden im Frühjahr, die letztgenannten im Herbste gefällt. Das Alter dieser Hölzer war ziemlich das gleiche (120 Jahre). Nebst diesen Versuchen hatte Jenny gleichzeitig noch an zwei Holzarten, nämlich an der Fichte und Tanne, aus Siebenbürgen, der Marmaros und den West- und Ostkarpathen stammend, die Elastizität und Festigkeit erhoben, und zwar wieder in bezug auf Zug, Druck und Abscherung. Diese Resultate aller dieser Untersuchungen hier in extenso anzuführen, würde zu viel Raum einnehmen, wir verweisen in dieser Beziehung auf die oben zitierte Quelle.

Nachdem wir es hier mit Resultaten zu tun haben, welche unter gleichartigen Verhältnissen und überdies in großer Anzahl von Probestücken derselben Holzart gewonnen wurden, so ist man berechtigt, Mittelwerte abzuleiten; diese sind in der nachstehenden Tabelle V (S. 396) wiedergegeben.

Hieraus geht hervor, daß die Fichte aus Kroatien hinsichtlich der Zug- und Abscherfestigkeit den anderen ungarischen Fichtenhölzern überlegen ist; dagegen hat das Siebenbürger Fichtenholz sowohl in bezug auf die Druck- als auch auf die Abscherfestigkeit gegenüber den anderen Fichtenhölzern den Vorrang.

Das gleiche gilt von dem kroatischen Tannenholz. Dasselbe ist hinsichtlich

Tabelle V.

Provenienz	Holzart	Mittelwerte der Zugversuche // zur Faser: Elastizitäts-Grenze kg pr. qcm	Elastizitäts-Modell kg pr. qcm	Bruch-Grenze kg pr. qcm	Mittelwerte der Druckversuche // zur Faser: Elastizitäts-Grenze kg pr. qcm	Elastizitäts-Modul kg pr. qcm	Absolute Druck-Festigkeit kg pr. qcm	Abscherversuche // zur Faser: Abscherfestigkeit kg pr. qcm
Kroatien	Buche	565	122 250	813	88	83 650	391	71,7
	Tanne	369	115 175	558	119	67 625	354	39,2
	Fichte	372	117 350	596	114	77 975	337	43,2
Nordkarpathen	Lärche	312	130 820	551	114	88 933	446	55,8
	Fichte	288	99 967	436	133	78 817	346	34,7
Siebenbürgen Marmaros Ost- und Westkarpathen	Fichte	310	115 392	494	220	127 565	363	42,0
	Tanne	336	115 531	426	209	104 970	357	40,2

der Zugfestigkeit jenem aus Siebenbürgen vorzuziehen, während letzteres hinsichtlich der Druckfestigkeit dem kroatischen Tannenholze überlegen ist. Die Abscherfestigkeit dieser beiden Tannenhölzer kann nahezu als übereinstimmend angesehen werden.

Die aus verschiedenen Gegenden Ungarns eingesandten Fichtenhölzer würden in bezug auf ihre Zugfestigkeit wie folgt beurteilt werden können:

Die größte Zugfestigkeit kommt dem kroatischen Fichtenholze zu, in zweiter Linie steht jenes aus Siebenbürgen, während das Fichtenholz aus den Nordkarpathen das mindestwertige ist;

die größte Druckfestigkeit zeigte hingegen das aus Siebenbürgen stammende Fichtenholz, minderwertig erscheint jenes aus den Nordkarpathen, und in letzter Reihe steht das aus Kroatien stammende Fichtenholz. —

Die Abscherfestigkeit des Fichtenholzes aus den Nordkarpathen steht gegenüber den beiden anderen Fichtenhölzern beträchtlich zurück, während diesen Hölzern nahezu die gleiche Abscherfestigkeit zukommt.

Würde man die aus den verschiedenen Gegenden Ungarns eingesandten Fichtenhölzer mit den Tannenhölzern hinsichtlich ihrer Festigkeit vergleichen, so gelangte man zu dem Resultate, daß zwischen diesen Holzarten, also zwischen dem ungar. Fichten- und dem ungar. Tannenholze, nur ein sehr geringer Unterschied besteht. Fichtenholz hat eine etwas größere Zugfestigkeit (ca. 3,5 %) als das Tannenholz, dieses aber eine größere Druckfestigkeit (ca. 2 %) als das Fichtenholz; hingegen ist die Abscherfestigkeit beider Holzgattungen gleich.

Was das aus den Nordkarpathen stammende Lärchenholz betrifft, so muß hervorgehoben werden, daß dieses hinsichtlich seiner Druck- und Abscherfestigkeit den sämtlichen untersuchten Fichten- und Tannenhölzern voransteht; in bezug auf die Zugfestigkeit des Lärchenholzes jedoch geht hervor, daß dieses, wenn auch nicht bedeutend, hinter der Zugfestigkeit des kroatischen Fichten- und Tannenholzes zurückbleibt.

Dagegen übertrifft das Buchenholz hinsichtlich der Zug- und Abscherfestigkeit alle untersuchten Hölzer, hinsichtlich seiner Druckfestigkeit wird dieses von dem Lärchenholze überragt.

Ob diese Unterschiede vorzugsweise den verschiedenen Bodenverhältnissen zuzuschreiben sind, kann zwar mit Grund vermutet, nicht aber bestimmt behauptet werden, schon deshalb nicht, weil die Fällungszeit der Hölzer eine verschiedene war und der Feuchtigkeitsgehalt der Probestücke leider gar nicht in Betracht gezogen wurde.

§ 28. Ueber die rückwirkende Festigkeit des Rotbuchenholzes hat W. F. Exner in seinen „Studien über das Rotbuchenholz" weitgehende Versuche angestellt, welche den Zweck hatten, diese Festigkeit in Beziehung auf den Einfluß der Höhenlage des Holzes im Stamme selbst und ferner jenen Einfluß auf die Festigkeit kennen zu lernen, welchen die nach den 4 Haupt-Weltgegenden verschiedenen klimatischen Verhältnisse nehmen. Die Exnerschen Versuche, welche sich u. a. auch auf die Ermittlung des spezifischen Grün- und Trockengewichtes, sowie auf die Schwindung des Rotbuchenholzes erstreckten, wurden an einer in der Nähe von Vorder-Hainbach (Wiener-Wald) gefällten 130jährigen Rotbuche vorgenommen. Die zur Erprobung bestimmten Zylinder hatten einen Durchmesser von 40 mm und eine Länge von 80 mm; dieselben wurden gleich altem Holze entnommen, d. h. es gehörte jedem Probezylinder ein bestimmter Jahrring des Holzes an. So wurden unzweifelhaft dem Splintholze angehörige Probezylinder (mit a bezeichnet) gewonnen, bei denen der gegen die Außenseite des Baumes gelegene Teil der Probezylinder mit dem im Jahre 1869 entstandenen Holze begann, und somit gehörten diese Zylinder gleichalterigem, unter gleichen klimatischen Verhältnissen entstandenem Holze an. Die zweite Serie von Probezylindern (mit b bezeichnet) wurde aus jenem Teile des Stammes entnommen, bei welchem der 42. Jahrring als Anfangspunkt für die Gewinnung der Probezylinder diente, also aus jenem Holze bestand, welches nicht später als 42 Jahre vor der Fällung entstanden war. Auch diese Zylinder gehörten noch dem Splintholze an. Die dritte Sorte von Probezylindern endlich (mit c bezeichnet) wurde jenem Teile des Stammquerschnittes entnommen, bei welchem der 80. Jahrring, von der Außenseite des Baumes gezählt, begann. Die Probezylinder c enthielten häufig schon zum Teile deutlich erkennbares Kernholz.

Der ganze Schaft der Rotbuche wurde in Stücke von 2 Metern Länge zerschnitten und so ergaben sich 10 sehr regelmäßig zylindrisch gestaltete Abschnitte, welche mit römischen Ziffern bezeichnet wurden. Von jeder Walze wurde an deren unterem Teile eine Scheibe herausgenommen und zur Anfertigung der Probezylinder benützt.

Hiezu muß bemerkt werden, daß das mittlere spezifische Gewicht des grünen (frischen) Stammholzes zu 0,945 gefunden wurde, während das mittlere spezifische Trockengewicht des Stammes zu 0,694 angegeben wird.

Die nachstehende Tabelle VI (S. 398) gibt eine Uebersicht der Druckfestigkeit pro qcm jener zur Bestimmung des Trockengewichtes verwendeten Probezylinder.

Aus dieser Uebersicht geht hervor, daß die geringsten Druckfestigkeiten die Probezylinder IV Na und IV Oa mit 496 bezw. 510 kg, die höchste der Zylinder II Oa mit 685 Kilogramm pro qcm zeigten. Eine Relation zwischen der Druckfestigkeit und der Höhe im Baume konnte nicht erkannt werden. Der Vergleich zwischen den a-, b- und c-Ringen der Scheibe ergibt, daß das der Baumachse zunächst liegende

Tabelle VI.

Rotbuche		Rückwirkende Festigkeit in kg pr. qcm												Mittelwerte			
Nummer des Stamm-Abschnittes	Höhe über dem Erdboden in Metern	Nord			Ost			Süd			West			Mittlere Festigkeit der Stammscheibe in kg pr. qcm	Mittlere Festigkeit der Probe-Zylinder in kg pr. qcm		
		a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c		a	b	c
I	0,5	547	518	597	601	575	591	613	589	615	627	616	643	594	597	575	612
II	2,5	602	574	630	685	—	633	582	592	642	569	584	583	607	610	583	622
III	4,5	643	618	—	—	605	—	570	608	595	594	548	613	599	602	595	604
IV	6,5	496	—	—	510	525	586	547	—	—	616	588	607	559	542	557	597
V	8,5	604	572	518	593	588	—	603	567	—	—	565	539	572	599	573	529
VI	10,5	554	568	—	589	580	—	663	533	—	564	587	—	580	593	567	—
VII	12,5	593	589	—	592	—	—	560	553	—	611	—	—	583	589	571	—
VIII	14,5	568	571	—	—	592	—	—	—	—	553	589	—	575	561	584	—
IX	16,5	560	—	—	588	547	—	525	—	—	561	518	—	550	584	533	—
X	18,5	609	—	—	615	—	—	570	—	—	611	—	—	601	601	—	—
XI	20,5	556	—	—	550	—	—	—	—	—	533	—	—	546	546	—	—

Holz die höchste rückwirkende Festigkeit zeigte, die geringste zeigte das der Querschnittslage b entnommene Holz, während das äußerste Splintholz hinsichtlich seiner rückwirkenden Festigkeit in der Mitte, richtiger näher dem Werte für das Kernholz liegt. Auffallend ist endlich, daß die niedrigste rückwirkende Festigkeit bei der höchsten Stelle an den einzelnen Holzringen bemerkt wurde. Da dieses Sinken ganz unvermittelt auftrat und dafür ein plausibler Grund auch nicht gefunden werden kann, im Gegenteil die hier nicht weiter angeführten hohen Ziffern für das Ast- und Wipfelholz der Annahme, daß die Festigkeit mit der Höhe abnimmt, widersprechen, muß wohl diese Erscheinung einem zufälligen Zusammentreffen nicht bekannter Umstände zugeschrieben werden.

In Beziehung auf die Bewegung der rückwirkenden Festigkeit hinsichtlich der Lage des Holzes nach den Weltgegenden wurde gefunden, daß das Maximum der Festigkeit gegen Osten, eine ihr zunächst stehende gegen Westen und eine minimale gegen Süden lag, doch kann auch dieses Datum nicht Anspruch darauf machen, zu weiteren Schlüssen zu berechtigen.

Wichtiger ist die bei dem Bruche der einzelnen Zylinder beobachtete Erscheinung, daß diese in der Richtung der Markstrahlen eine bedeutend höhere Festigkeit zeigen, als im Sinne der Jahrringe. Die sämtlichen Probezylinder sind nämlich immer so gebrochen, daß die herausgedrückten Holzteile in der Richtung der kurzen Achse der Querschnitts-Eilinie, also in der Richtung der Sehne zu den Jahrringen heraustreten.

Bezüglich der rückwirkenden Festigkeit des in neuester Zeit vielfach (namentlich im Schiffbau) in Anwendung kommenden Teakholzes geben wir im nachstehenden die Resultate [1]), welche für die Druckfestigkeit im k. k. See-Arsenal zu Pola gewonnen wurden. Zur Untersuchung gelangten zweierlei Arten des Teakholzes, nämlich solches aus Java und aus Indien (Festland). Die Probestücke waren würfelförmig bearbeitet, von 25 Millimeter, resp. 100 Millimeter Kantenlänge.

Als Mittelwerte ergeben sich für die Druckfestigkeiten pr. qcm:

Für Teakholz aus Java:

senkrecht zur Faser 182 kg, parallel zur Faser 430 kg bei Probestücken von 25 Millimeter Kantenlänge;

senkrecht zur Faser 133 kg, parallel zur Faser 354 kg bei Probestücken von 100 Millimeter Kantenlänge;

---

1) Siehe Mitteilungen des Technologischen Gewerbe-Museums in Wien Nr. 61. Jahrgang 1885.

für indisches Teakholz:
senkrecht zur Faser 240 kg, parallel zur Faser 496 kg bei 25 Millimeter-Probestücken;
senkrecht zur Faser 151 kg, parallel zur Faser 387 kg bei 100 Millimeter-Probestücken.

Hieraus geht hervor, daß das javanische Teakholz gegen das indische in der Druckfestigkeit senkrecht zur Faser um 9—13% zurücksteht. Die Untersuchungen des spezifischen Gewichtes, des Harzgehaltes und Aschengehaltes haben folgendes ergeben:

für Teakholz aus Java:		für Teakholz aus Indien:	
Spezifisches Gewicht	0,6884.	Spezifisches Gewicht	0,697
Harzgehalt	11,25%.	Harzgehalt	11,29%.
Aschengehalt	1,15 „	Aschengehalt	1,28 „

Aus diesen Resultaten ergibt sich, daß die beiden Holzgattungen in bezug auf spezifisches Gewicht, Harz- und Aschengehalt als nahezu gleichwertig zu betrachten sind.

Hier darf wohl auch an jene Mitteilung erinnert werden, die wir über mehrere der wichtigsten japanischen Holzarten an anderer Stelle machten[1]), in der auch einige Zahlen bezüglich der rückwirkenden Festigkeit enthalten sind.

§ 29. Ueber die Biegungs- und Druckfestigkeit des Ailanthus-Holzes[2]) (Götterbaum), untersucht von Ingenieur G. Lauboeck, liegen die nachstehenden Daten vor.

Der zur Untersuchung verwendete Stammabschnitt zeigte ein Alter von 26 Jahren (Provenienz Krain). Das spezifische Gewicht des Holzes wurde mit 0,69 erhoben. Zur Ermittlung der Festigkeits-Eigenschaften dienten im ganzen 22 Probestücke.

a) Druckfestigkeit.

Da es interessant ist, die Festigkeit des Holzes sowohl // als auch ⊥ zu den Fasern kennen zu lernen, so wurde bei beiden Festigkeits-Arten darauf Rücksicht genommen. Ueber die Gewinnung der Versuchsstücke sei hier folgendes bemerkt:

Die Zylinder, welche der Druckprobe // zu den Fasern unterzogen wurden, wurden derart aus einer entsprechend der Zylinderhöhe dimensionierten Stammscheibe gewonnen, daß jeder derselben den 15. Jahresring in seiner Mitte enthielt. Der Durchmesser der Zylinder betrug 35 Millimeter.

Sodann wurden aus der nächstfolgenden Stammscheibe, welche als Dicke den Durchmesser der Zylinder enthielt, sechs Zylinder gewonnen, welche ⊥ zu den Jahresringen der Druckprobe unterzogen wurden. Dieselben wurden aus der Stammscheibe in der Weise geschnitten, daß die Achse des Zylinders als Radius des Baumstammes aufzufassen ist und deshalb kürzer angefertigt werden mußten, da eine Höhe derselben von 100 Millimeter aus dem Grunde unzulässig war, als die Grundflächen der Zylinder sowohl nicht als „völlig frei vom Splint“, als andererseits „vom Kern“ hätten bezeichnet werden können.

Die Querschnittsfläche in der halben Höhe des Zylinders enthielt den 15. Jahresring.

Auf diese Weise wurde erreicht, daß die zur Untersuchung gelangten Probestücke möglichst gleichalterigem Holze angehörten, welcher Umstand gewiß nicht außer acht zu lassen ist, da bekannt ist, daß die Lage des Holzes im Stamme eine Verschiedenheit der technischen Eigenschaften des Holzes zeigt.

Die Versuchsstücke wurden einer möglichst genauen Bearbeitung unterzogen und die Versuche ausgedehnt auf die Ermittlung der Druckfestigkeit // und ⊥ zur Faser.

Die Art der Zerstörung bestand in einem Ineinanderschieben der Fasern. Es bildet sich ein sogenannter Wulst, dessen Lage abhängig ist von der inneren Beschaffenheit des Holzes, und somit von lokalen Verhältnissen beeinflußt wird. Da die Versuchsstücke ein äußerlich vollkommen gleichartig gestaltetes Material, respektive gleiche Struktur zeigten, also z. B. Aeste oder dergleichen nicht vorhanden waren, so traf die Bruchstelle bei allen Probestücken ziemlich nahe der Mitte der Zylinderhöhe ein.

Bei fortgesetzter Steigerung der Belastung, und zwar bei jenen Versuchsstücken, welche // zu den Fasern der Belastung unterworfen wurden, zeigt sich nebst der Verschiebung der Jahresringe ein keilförmig gestalteter Körper, welcher an jene Form von deformierten Prüfungsobjekten erinnert, wie solche die künstlichen und natürlichen Bausteine zeigen.

Jene Zylinder, welche ⊥ zu den Fasern gedrückt wurden, zeigten nach der Deformation eine parallele Verschiebung ihrer Endflächen und zufolge dessen eine einfach- oder zuweilen auch doppeltgekrümmte Linie als Kontur, welche dort am weitesten ausgebaucht ist, wo die Jahresringe die größte Breite besitzen.

Die Belastungen erfolgen innerhalb bestimmter Grenzen, wobei stets die jeweilige Zusammendrückung des Probestückes gemessen wurde, um die permanente und elastische Dehnung, respektive Kompression (Verkürzung) zu ermitteln. Nach jedesmaliger Belastung erfolgte die Entlastung und wurde die permanente Zusammendrückung angegeben.

---

1) Japans Holzindustrie von Prof. W. F. Exner in der „Oesterreichischen Monatsschrift für den Orient“, 7. Jahrgang, 1881, Nr. 4. und 5, Beilagen.

2) Siehe Mitteilungen des Technologischen Gewerbe-Museums in Wien, Nr. 62 Jahrgang 1885.

Die auf den Quadratzentimeter reduzierte Belastung, bei welcher der Bruch eintrat, (Druckfestigkeit) ergab:

1. // zu den Fasern 652 Kilogramm per Quadrat-Zentimeter (im Mittel);
2. ⊥ zu den Fasern 316 Kilogramm per Quadrat-Zentimeter (im Mittel),

woraus hervorgeht, daß das Holz // zu den Fasern in Anspruch genommen, zirka das doppelte zu tragen vermag, gegenüber dem in darauf senkrechter Richtung beanspruchten Holze.

Es ergab sich der Elastizitäts-Modul

$\varepsilon = 721{,}76$ // zur Faser,
$\varepsilon = \ 50{,}02$ „ „

Die Elastizitäts-Grenze:
E lag bei 538 Kilogramm per Quadrat-Zentimeter // zur Faser,
E „ „ 77 „ „ „ ⊥ „ „

Die bedeutenden Differenzen zwischen der Beanspruchung des Holzes in der Richtung der Jahresringe und in jener senkrecht zu diesen dürfen nicht überraschen, um so mehr, als ja das innere Gefüge der Hölzer darauf hinweist, daß das Holz als ein in der Hauptsache aus Längsfasern zusammengesetzter Körper betrachtet werden muß und bekanntermaßen seine größeren Festigkeits-Eigenschaften zeigt in der Beanspruchung durch eine Kraft parallel dieser Richtung.

b) Biegungsfestigkeit.

Zur Ermittlung der Biegungsfestigkeit wurden im ganzen sieben Versuchsstücke verwendet, welche einen quadratischen Querschnitt von 30 auf 30 Millimeter zeigten, bei einer Stablänge von 300 Millimeter. Die Stützweite der Stäbe betrug 250 Millimeter.

Einzelne Versuche wurden derart ausgeführt, daß die Biegung des Stabes // zu den Fasern erfolgte, während bei drei Versuchen die Biegung des Stabes ⊥ zur Richtung der Fasern vorgenommen wurde.

Betreffs der Gewinnung der Stäbe aus dem Versuchsstamm sei hier mitgeteilt, daß die Mitte derselben gleichfalls wie alle anderen Versuchsstücke den 15. Jahresring enthielten, also aus den gleichalterigen Teilen des Stammes entnommen wurden. Die Zerstörung der Versuchsstücke erfolgte ausnahmslos durch das Reißen der gespannten Fasern. An den Stützpunkten des Stabes und dem Angriffspunkt der Kraft waren nur geringe Kompressionen des Holzes bemerkbar. Unmittelbar vor dem Eintreten des Bruches war ein mehr oder weniger wahrnehmbares Reißen der gespannten Fasern hörbar.

Aus den Versuchs-Ergebnissen folgten nachstehende Mittelwerte:

Beanspruchung // zur Faser:

Biegungsfestigkeit $\delta_0 = 1184$ Kilogramm per Quadrat-Zentimeter; elastische Biegungsspannung $\delta_e = 973$ Kilogramm per Quadrat-Zentimeter;

Elastizitäts-Modul $\varepsilon = 89840$ Kilogramm per Quadrat-Zentimeter.

Beanspruchung ⊥ zur Faser:

$\delta_0 = 1144$ Kilogramm,
$\delta_\varepsilon = \ \ 972$ „
$\varepsilon = 84070$ „

Der Vollständigkeit halber sei hier bemerkt, daß der Feuchtigkeitsgrad der zur Untersuchung gebrachten Probestücke sich mit 10,2% ergab. Die Ermittlung des Wassergehaltes erfolgte durch Austrocknung mehrerer Versuchsstücke während so langer Zeit, bis eine Gewichts-Abnahme infolge der Trocknung nicht mehr bemerkbar wurde.

Da es sich bei der Durchführung obiger Versuche darum handelte, ob das Ailanthusholz dem Eschenholz in bezug auf Festigkeit etc. gleichsteht, so soll hier noch folgende kurze Betrachtung ihren Platz finden.

Das Schwind- und Quellmaß der beiden Hölzer ist nahezu übereinstimmend, weshalb nach dieser Richtung hin die beiden Hölzer als gleichwertig betrachtet werden können.

Die Angaben mehrerer Autoren über die Biegungsfestigkeit des Eschenholzes variieren zwischen 705 und 1025 Kilogramm, im Mittel also 865 Kilogramm, während Nördlinger die Biegungsfestigkeit der Esche zu 831 Kilogramm angibt. Die gefundene mittlere Biegungsfestigkeit des Ailanthusholzes ergab sich zu 1164 Kilogramm per qcm, ist somit um 27,4% größer als jene des Eschenholzes.

Angaben über die Druckfestigkeit des Eschenholzes sind nicht bekannt, aus welchem Grunde ein Vergleich der beiden in Rede stehenden Hölzer nach dieser Richtung nicht geführt werden kann. Immerhin weisen die von uns gefundenen ziemlich großen Werte darauf hin, daß das Ailanthusholz auch in bezug auf Druckfestigkeit kaum gegenüber dem Eschenholze zurückstehen dürfte.

Aus den gewonnenen Resultaten konnte sohin mit Sicherheit geschlossen werden, daß das Ailanthusholz zufolge seiner technischen Eigenschaften im allgemeinen mindestens als gleichwertig, in einzelnen Fällen sogar als relativ besser wie Eschenholz bezeichnet werden muß.

§ 30. Ueber den Einfluß der Fällungszeit auf die Dauerhaftigkeit des Fichtenholzes hat Prof. Dr. E. Hartig Unter-

suchungen durchgeführt, welche zur Beantwortung der Frage: „In welchem Betrage vermindert sich die Festigkeit der zu verschiedenen Jahreszeiten gefällten Hölzer beim Liegen in freiem Sandboden?“ führten.

Das Versuchsmaterial bildeten zwei Reihen von Stammstücken, deren eine von der im Jahre 1868 erfolgten Fällung an in einem trockenen Sammlungsraum der K. Forstakademie in Tharandt aufbewahrt worden war und deren andere aus Schwellstücken bestand, welche während eines Zeitraumes von 6 Jahren aufrecht stehend und bis zur oberen Fläche eingegraben in freiem Sandboden gesteckt hatten, nach ihrer Aushebung jedoch auch in lufttrockenen Zustand übergeführt worden waren. Die Probestücke der ersten Reihe erhielten die Bezeichnung „Luftholz“, die der zweiten Reihe „Faulholz“. Für jeden Fällungsmonat standen 4 Probestücke zur Verfügung und außerdem noch einige Stücke zur Vornahme von Vorversuchen. Von letzteren wurden einige dazu benützt, die Zerdrückungsfestigkeit des Luftholzes und des Faulholzes in der Richtung des Faserlaufes zu ermitteln. Es ergab sich hiebei die Zerdrückungsfestigkeit des Faulholzes zu 65 kg pro qcm, des Luftholzes zu 500 kg pro qcm Querschnitt. Durch sechsjähriges Liegen in freiem Sande hat sich sonach die Zerdrückungsfestigkeit des Fichtenholzes um 87 % des ursprünglichen Wertes vermindert. Das spezifische Gewicht betrug beim Faulholz 0,357, beim Luftholz 0,579, war also beim Faulholz um 37,3 % geringer als beim Luftholz.

Von der Festigkeitsprüfung der ganzen Holzstücke mußte wegen der schon vorgeschrittenen Zerstörung der Faulholzstücke abgesehen werden; es wurden vielmehr kleinere Probestücke in Zylinderform von 50 mm Durchmesser und ebensogroßer Höhe ausgeformt und diese durch Schlagproben auf ihre Festigkeit untersucht. Der Schlagapparat bestand aus einer gußeisernen Chabotte mit Stahlamboß von zusammen 258,84 kg und einem Gestell, in welchem ein gußeisernes Schlaggewicht bequem auf bestimmte Höhe gehoben und plötzlich herabfallen gelassen werden konnte. Als angemessenstes Schlaggewicht für die Versuche ergab sich dasselbe zu 48,81 kg bei einer Fallhöhe von 0,375 Meter. Bei Anwendung desselben führten nämlich 2—15 Schläge beim Faulholz und 10—35 Schläge beim Luftholz zur völligen Zerstörung. Für die Vergleichung der Widerstandsfähigkeit von Faulholz und Luftholz wurden die nachfolgenden Momente benützt:

1. die Zahl der Schläge bis zum Eintritt des ersten Langrisses;
2. die Zahl der Schläge bis zur vollen Zerstörung;
3. die mittlere Verkürzung des Probestückes pro Schlag;
4. der hieraus zu berechnende Widerstand des Materiales gegen bleibende Formänderung, bezogen auf die Flächeneinheit und
5. das totale Arbeitsquantum, welches zur gänzlichen Zerstörung erforderlich war.

Nach Beschaffenheit der Beobachtungsreihen erschien es nicht ratsam, irgend eines dieser Momente in der Weise zu benützen, daß der Eintritt der Zerstörung als Kriterium angesehen würde, denn es war besonders bei dem Luftholz äußerst schwierig anzugeben, nach welchem Schlage die Zerstörung als eingetreten anzusehen war; dagegen schien der Beginn der Zerstörung an der rascheren Zunahme der Verkürzung des Probestückes ziemlich sicher erkennbar. Deshalb wurde für je zwei zusammengehörige Paare von Probestücken zunächst für das Faulholz aus der Zahl der Schläge und der totalen Verkürzung für den bezeichneten Moment der mittlere Widerstand pro qcm Querschnitt (Stoßfestigkeit K_0) berechnet, sodann für das Luftholz unter Berücksichtigung der gleichen Zahl von Schlägen dieselbe Rechnung durchgeführt (Stoßfestigkeit des Luftholzes K_1); ferner wurde der Quotient $\frac{K_0}{K_1}$ gebildet, der um

so näher an die Einheit fällt, je widerstandsfähiger das Holz sich beim Liegen im freien Sand erwiesen hat. Sämtliche zur Untersuchung gelangten Zylinder waren sorgfältig gemessen und gewogen worden, in der Absicht, das spezifische Gewicht zu ermitteln; es ergab sich als Durchschnittswert für das Faulholz 0,469, für das Luftholz 0,537. Auch der Wassergehalt der Probestücke wurde bestimmt, wobei sich als Mittelwert für das Faulholz 13,1 %, für das Luftholz 14,1 % ergab.

In der nachfolgenden Tabelle VII sind die für die einzelnen Fällungsmonate erzielten Durchschnittswerte des Widerstandes (Stoßfestigkeit) in kg pro qcm enthalten.

Tabelle VII.

Fällungszeit	Faulholz		Luftholz		Quotient $\frac{K_0}{K_1}$
	Zahl der Probestücke	Widerstand pr. qcm in kg K_0	Zahl der Probestücke	Widerstand pr. qcm in kg K_1	
Januar	8	706	7	1449	0,487
Februar	7	1096	4	1621	0,676
März	7	503	6	1367	0,368
April	4	564	5	1003	0,552
Mai	6	775	5	1458	0,532
Juni	6	466	8	1374	0,339
Juli	8	362	9	1089	0,332
August	5	578	5	1118	0,517
September	2	345	2	946	0,365
Oktober	6	682	7	1138	0,590
November	5	431	6	1120	0,385
Dezember	6	601	7	867	0,693

Die in der letzten Kolumne enthaltenen Zahlen stellen nun leider nicht, wie der Versuchsanstellen nach der aufgewendeten Sorgfalt erwartet hatte, ein klares Gesetz unzweifelhaft dar; wohl fällt der niedrigste Wert der verhältnismäßigen Festigkeit (0,332) auf einen Sommermonat (Juli), der höchste Wert (0,693) auf einen Wintermonat (Dezember); auch ist der Durchschnittswert der für die Frühjahrs- und Sommermonate (April bis September) geltenden Zahlen um 17,6 % niedriger als derjenige für die Herbst- und Wintermonate (Oktober bis März), nämlich 0,439 gegen 0,533; trotzdem kann aber aus diesem Versuche nicht mit Bestimmtheit behauptet werden, daß in bezug auf die technischen Eigenschaften und die Dauerhaftigkeit der Hölzer die Winterfällung vor der Sommerfällung den Vorzug verdient. Bisher sind auch alle in dieser Richtung angestellten Versuche negativ ausgefallen, so daß es den Anschein hat, daß die Fällungszeit keinen Einfluß auf die technischen Eigenschaften des Holzes ausübe, sofern nur das Holz von der Fällung bis zur Verwendung sachgemäß behandelt, vor allem gut getrocknet wurde.

§ 31. Tetmajer in Zürich hat eine Reihe von Untersuchungen der Elastizitäts- und Festigkeits-Verhältnisse der schweizerischen Bauhölzer durchgeführt. Für die Aufstellung des Versuchsprogrammes waren folgende Gesichtspunkte maßgebend: Einerseits sollten hiemit jene Festigkeits-Koeffizienten festgestellt werden, welche zur Dimensionierung bei Holzkonstruktionen erforderlich sind, anderseits aber sollten in möglichst eingehender und umfassender Weise die Festigkeitsverhältnisse der verschiedenen Teile des Stammes und soweit als möglich auch ihre Abhängigkeit von klimatischen und geognostischen Verhältnissen klargelegt werden.

Zur Ermittelung der Festigkeitsverhältnisse wurden Zug-, Druck-, Knickungs-, Scher- und Biege-Proben an Föhre, Weißtanne, Rottanne (Fichte), Lärche, Eiche und Buche vorgenommen.

Zum Behufe der Erforschung des Einflusses klimatischer und geognostischer Verhältnisse des Standortes wurden die Versuche ausgedehnt auf Nord- und Südhänge, auf Höhenlagen von unter und über 1300 Meter und auf Molasse-, Kalk-, Tonschiefer- und Granit- resp. Gneisböden. Die Fällungszeit der Versuchshölzer war der Monat Dezember, das zur Untersuchung gelangte Holz wurde der Stammmitte, d. h. der halben Höhe bis zur Krone gerechnet, entnommen. Mit Ausschluß der Versuchsproben für die Zugfestigkeit gelangten durchweg prismatische Proben von quadratischem Querschnitt mit 10 cm Seitenlänge zur Untersuchung.

Zur Ermittelung der Zähigkeitsverhältnisse des Holzes, worüber korrekte Ausdrücke noch fast gänzlich fehlten, wählte Tetmajer die Biegungsarbeit, und zwar deshalb, weil die Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Biegung in den Bauwerken eine besondere Bedeutung annimmt, vorzugsweise aber deshalb, weil die Deformation relativ erheblich, die Bestimmung der Elemente des Arbeitsdiagrammes eine sicherere und exaktere ist, als dies unterZugrundelegung der Deformationsarbeit irgend einer anderen Festigkeitsart möglich schien. Mit Rücksicht darauf, daß die Qualitätsbestimmung des Holzes von dem jeweiligen Feuchtigkeitsgehalt desselben abhängig ist, wurden parallel den Biegungsproben Versuche zur Feststellung des Wassergehaltes der der Biegung unterworfenen Versuchsobjekte ausgeführt. Von der Bestimmung des Feuchtigkeitsgrades der Versuchsobjekte der Zug-, Druck-, Knickungs- und Scherfestigkeit mußte wegen der großen Anzahl von Versuchsstücken Abstand genommen werden. Im ganzen gelangten 660 Versuche zur Durchführung und zwar fielen:

9 Versuchs-Serien auf die Weißtanne
— 3 Serien von über, 6 Serien von unter 1300 m über dem Meeresspiegel erwachsenem Holze;

11 Versuchs-Serien auf die Rottanne
— 5 Serien von über, 6 Serien von unter 1300 m ü. d. M.;

2 Versuchs-Serien auf die Föhre
— 2 Serien von unter 1300 m ü. d. M.;

5 Versuchs-Serien auf die Lärche
— 3 Serien von über, 2 Serien von unter 1300 m ü. d. M.;

2 Versuchs-Serien auf die Eiche, gewachsen unter 1300 m ü. d. M.;

1 Versuchs-Serie auf die Buche, gewachsen unter 1300 m ü. d. M.

Zur Beurteilung des Einflusses der Höhenlage des Standortes auf die Holzqualität konnte dem vorstehenden Programme gemäß unter den div. Holzarten nur die Weiß- und Rottanne herangezogen werden, während der Einfluß der geognostischen Verhältnisse, des Wachstums etc. trotz des namhaften Umfanges dieser Arbeit mit Sicherheit nicht ermittelt werden konnte.

Uebergehend zur Veranstaltung der Versuche ist hervorzuheben, daß die Zugfestigkeit der Hölzer an Bauschingerschen Normalstäben gewonnen wurde, welche eine Schaftdicke von 0,5—0,7 cm bei einer Breite von 3—4 cm hatten.

Die Druckfestigkeit in der Faserrichtung wurde an Würfeln von ca. 10 cm Kantenlänge ermittelt; als Knickfestigkeitsproben wurden 50 cm lange Prismen von 10 auf 10 cm Stärke verwendet.

Zur Erhebung der Scherfestigkeit wurden Platten von 10 auf 10 cm Querschnitt und 4,5—5,5 cm Dicke benützt. Die eine der Scheiben gehörte der Stamm-Mitte an, während die beiden anderen dem Reifholz entnommen wurden.

Zu den Biegungsversuchen wurden Balken von 10 auf 10 cm Querschnitt und 1,5 m Stützweite verwendet. Die Beanspruchung erfolgte senkrecht zu den Jahrringen.

Sieht man von der Dauer des Holzes ab, so bleibt als entscheidendes Moment bei der Beurteilung der Verwendbarkeit einer Holzart für bautechnische Zwecke neben der Festigkeit nur noch das Maß der durch ihre Zähigkeit bedingten Leistungsfähigkeit übrig, welche am besten aus der Arbeitskapazität der Biegungsfestigkeit bestimmt werden kann. Hiebei ist die fragliche Arbeitskapazität durch Ausmaß eines Diagrammes erhältlich, welches aus den bis zum Bruch gesteigerten Belastungen und zugehörigen Biegungen eines normalen Prüfungsobjektes in der Art gebildet wird, daß man zum jeweiligen Biegungspfeil als Abszisse rechtwinklig die korrespondierende Belastung als Ordinate aufträgt und die so gefundenen Punkte durch einen Linienzug verbindet. Der Inhalt des so konstruierten Diagrammes stellt den Wert der Biegungsarbeit dar. Diese Arbeit muß durch Schlag oder allmähliche gesteigerte Belastung verrichtet werden, soll ein Bruch des Balkens erzielt werden.

Bezeichnet man mit f_0 den Biegungspfeil des Balkens beim Bruch, mit B die Bruchkraft desselben, so stellt das Produkt $f_0 . B$ den Inhalt des dem Biegungsdiagramme umschriebenen Rechteckes dar. Ein Bruchteil dieses Inhalts gibt den Inhalt A der Arbeitsfläche, welche man somit durch

$$A = \eta\, f_0 . B$$

ausdrücken kann, worin η den Koeffizienten der Biegungsarbeit bezeichnet. Dieser Koeffizient ist selbst bei ein und derselben Holzart nicht konstant. Derselbe ändert sich mit dem Zähigkeitsgrade des Materials, er ist desto kleiner (sinkt bis auf 0,5), je geringer der Arbeitswert, je größer der Grad der Sprödigkeit und Brüchigkeit ist umgekehrt wächst der absolute Wert des Koeffizienten mit zunehmender Zähigkeit des Materials und erreicht eine Größe von 0,8—0,85.

Da nun η auch für Holz des gleichen Stammes selbst näherungsweise nicht als konstant angesehen werden kann, so ist auch weder die absolute Größe des Biegungspfeiles noch das Produkt aus Biegungspfeil und Bruchkraft zur Qualitätsbestimmung maßgebend und bleibt somit nichts anderes übrig, als Fall für Fall den tatsächlichen Wert der Biegungsarbeit A in t/cm ausgedrückt der Beurteilung zugrunde zu legen.

Am Schlusse dieser Auseinandersetzung gelangt Tetmajer zu folgender Betrachtung: Zur Beurteilung des Wertverhältnisses der Bauhölzer untereinander sowie zur Vergleichung des Holzes aus verschiedenen Teilen des Stammes ist das Maß der Arbeitskapazität (stets unter Zugrundelegung einheitlicher Prüfungsobjekte maßgebend; dieselbe stellt eine durch Festigkeit und gleichzeitig Zähigkeit bedingte Zahl dar, die unter sonst gleichen Umständen sich sowohl mit der Zähigkeit als ander seits mit der Festigkeit ändern kann. Ist das Holz spröde, brüchig (d. h. elastisch, fest, aber nicht zähe — biegsam), so wird sein Arbeitswert gering ausfallen, umgekehrt kann das Arbeitsvermögen erheblich werden, wenn das Material neben geringer Bruchfestigkeit große Zähigkeit und Biegsamkeit besitzt. Ein Maximum der Biegungsarbeit wird aus der Vereinigung möglichst großer Festigkeit und Zähigkeit resultieren; es erscheint daher die Größe der Biegungsarbeit (A) als wohlberechtigter Qualitätsmesser des Holzes.

Bevor wir die Zusammenstellung der Tetmajerschen Versuchsresultate wiedergeben, wollen wir nicht versäumen, jene Erfahrungen anzuführen, welche der Versuchsansteller gelegentlich der Knickungsfestigkeit gewonnen hat und sich auf die Feststellung des Gesetzes der Abnahme der Druckfestigkeit mit wachsender Prismenlänge bezogen. Gewöhnlich wird der Knickungskoeffizient k für variable Verhältnisse der Balkenlängen und Querschnittsabmessungen als konstant an-

genommen. Tetmajer ist gelegentlich des Studiums dieser Frage zu folgenden Schlüssen gelangt: daß

1. die Druckfestigkeit mit wachsender Länge der Balken sich mehr oder weniger sprungweise ändert;

2. die Knickungsgefahr bei Balkenlängen von fünf- bis zehnfacher, schätzungsweise von achtfacher Querschnittsbreite beginnt;

3. die Abnahme der Druckfestigkeit bei Balkenlängen von zehn- bis zwanzigfacher Querschnittsbreite unerheblich, jedoch fast stetig wächst.

In der folgenden Tabelle VIII (S. 406) führen wir nur jene Mittelwerte an, welche als Festigkeitskoeffizienten für bautechnische Zwecke Verwendung finden sollen.

Darin bezeichnet:

ε in t pro qcm den Elastizitätsmodul;
γ in t pro qcm den Grenzmodul (speziell Tragkraft an der Elast.-Grenze);
β in t pro qcm den Festigkeitsmodul für Zug, Druck und Biegung; speziell:
β_c in t pro qcm den Festigkeitsmodul für das Stammzentrum (Mittelstück);
β_s in t pro qcm den Festigkeitsmodul für seitliches Holz (Seitenstück);
β_m in t pro qcm den mittleren Festigkeitsmodul;
σ_c in t pro qcm den Schermodul für das Stammzentrum;
σ_s in t pro qcm den Schermodul für seitliches Holz;
σ_m in t pro qcm den mittleren Schermodul;
α in t/cm die spezifische Arbeit an der Elastizitätsgrenze;
A in t/cm die Deformationsarbeit beim Bruch;
n in % den Feuchtigkeitsgrad desHolzes.

Was die Festigkeitsverhältnisse des Holzes an verschiedenen Stellen des Querschnittes betrifft, so ergibt sich, daß das Holz der Stamm-Mitte selbst bei Stämmen im Alter des vorgelegenen Versuchsmaterials (80—100 Jahren) schwächer ist als das Reifholz seitlich der Stamm-Mitte (gleichviel ob aus Höhen über oder unter 1300 m ü. d. M.).

Aus einer anderen Tabelle, bezüglich welcher wir der Raumökonomie halber auf die Publikation des Versuchsanstellers verweisen müssen, geht ferner hervor, daß die Nadelhölzer in der Stamm-Mitte sowohl an Festigkeit wie Zähigkeit als wesentlich minderwertig erscheinen; so ist z. B. die Biegungsfestigkeit des seitlichen Holzes der Koniferen um 16 %, die Leistungsfähigkeit um 39 % größer als für die Stamm-Mitte.

Nach ihren Festigkeitsverhältnissen rangieren die geprüften Bauhölzer in folgender Weise:

Nr.	Zugfestigkeit	Druckfestigkeit	Scherfestigkeit	Biegungsfestigkeit
I	Weißtanne	Föhre	Föhre	Föhre
II	Rottanne	Rottanne	Weißtanne	Rottanne
III	Lärche	Weißtanne	Rottanne	Weißtanne
IV	Föhre	Lärche	Lärche	Lärche
V	Eiche	Buche	Eiche	Eiche
VI	Buche	Eiche	Buche	Buche.

Den kleinsten Arbeitswert zeigte die Föhre. Setzt man denselben = 1, so erscheint bei einem Wassergehalt von 11—20 % (lufttrockenes Holz)

der Arbeitswert der Weißtanne um 19 % größer;
" " " Rottanne " 26 % "
" " " Lärche " 66 % "
" " " Eiche " 95 % "

Der Arbeitswert der Buche dürfte neben jenem der Eiche stehen.

Tabelle VIII.

Mittelwerte für

Holzart	Zugfestigkeit							Druckfestigkeit							Scherfestigkeit		
	ε	γ	α	β	β_c	β_s	β_m	ε	γ	α	β	β_c	β_s	β_m	σ_c	σ_s	σ_m
Föhre	120,10	0,161	0,001036 (?)	0,916	0,314	0,942	0,720	118,80	0,146	0,0000893	0,228	0,293	0,247	0,246	0,064	0,060	0,061
Weißtanne . . .	113,31	–	—	0,661	0,365	0,644	0,533	100,19	0,115	0,0000703	0,282	0,279	0,285	0,283	0,061	0,063	0,063
Rottanne . . .	129,11	–	-	0,738	0,376	0,624	0,602	110,90	0,131	0,0000801	0,283	0,264	0,283	0,276	0,067	0,066	0,067
Lärche	131,14	0,397	0,000580	0,964	0,337	0,896	0,710	114,45	0,122	0,0000664	0,312	0,278	0,342	0,321	0,070	0,074	0,072
Eiche	108,30	0,176	0,001510	0,889	0,793	0,979	0,964	102,70	0,148	0,0001078	0,328	0,323	0,353	0,343	0,075	0,075	0,075
Buche	180,00	0,581	0,000940	1,730	0,570	1,720	1,340	168,60	0,102	0,0000306	0,304	0,294	0,333	0,320	0,079	0,088	0,085

Holzart	Biegungsfestigkeit																			
	Stamm-Mitte					Gebogen gegen die Stamm-Mitte					Gebogen von der Stamm-Mitte					Mittlere Biegungsfestigkeit				
	ε	γ	β	A	n	ε	γ	β	A	n	ε	γ	β	A	n	ε	γ	β	A	n
Föhre . .	77,22	0,192	0,385	2,83	18,7(?)	87,14	0,162	0,384	3,72	21,6(?)	92,52	0,209	0,458	3,56	22,6(?)	85,62	0,188	0,409	3,37	20,9(?)
Weißtanne .	79,78	0,198	0,414	3,47	14,0	88,03	0,220	0,442	3,59	14,5	88,81	0,255	0,462	4,95	15,0	85,54	0,224	0,439	4,00	14,5
Rottanne .	88,77	0,211	0,432	3,57	15,6	79,45	0,212	0,426	4,24	15,9	90,81	0,206	0,447	4,86	16,1	86,34	0,210	0,435	4,23	15,9
Lärche . .	90,58	0,189	0,460	4,45	16,8	111,89	0,203	0,543	5,54	19,4	112,26	0,225	0,600	6,81	17,1	104,91	0,206	0,534	5,60	17,8
Eiche . .	92,98	0,205	0,580	6,40	21,5	95,10	0,231	0,605	7,34	25,5	110,14	0,214	0,616	6,21	25,1	99,41	0,217	0,600	6,65	24,1
Buche . .	121,33	0,212*	0,637*	16,47*	—	132,90	0,253*	0,720*	18,0*	—	129,65*	0,245*	0,652*	16,00*	—	127,96*	0,240*	0,669*	16,82*	—

* Anormal, mutmaßlich infolge des höheren Feuchtigkeitsgrades.

Hinsichtlich der interessanten Folgerungen, welche sich ergeben, ob das Holz unter oder über 1300 m ü. d. M. erwachsen ist, müssen wir auf die höchst beachtenswerte Publikation Tetmajers selbst verweisen. —

Hofrat Tetmajer hat später gelegentlich der schweizerischen Landesausstellung in Genf 1896 die voranstehenden Versuche weiter verfolgt und deren Resultate in dem Werke: Methoden und Resultate der Prüfung der schweiz. Bauhölzer. II. Heft. Zürich 1896 niedergelegt. Dortselbst finden sich nebst den erweiterten Untersuchungsresultaten der Festigkeitseigenschaften der schweiz. Bauhölzer auch folgende interessante Kapitel: 1. Resultate der Untersuchungen der Einflüsse des Dämpfens und Darrens auf die Festigkeitsverhältnisse der Bauhölzer; 2. Resultate der Prüfung der Einflüsse der Imprägnierung der Hölzer auf deren Festigkeitsverhältnisse; 3. Untersuchung des relativen Wertes der Bündener Lärche und der amerikanischen Pitsch-Pine; 4. Untersuchung des Einflusses des exzentrischen Wuchses auf die Druckfestigkeit einiger Nadelhölzer; 5. Untersuchung der Kompressibilität eichener Bohlen und 6. Untersuchung der Einflüsse der Exzentrizität auf die Druckfestigkeit des Holzes.

§ 32. Die Untersuchungen, welche Prof. Bauschinger angestellt hat, behandelten hauptsächlich den Einfluß des Standortes und der Fällzeit auf die Elastizität und Festigkeit des Fichten- und Kiefernholzes. Als Versuchsmaterial dienten je 4 Stämme, welche 4 verschiedenen Standorten (Lichtenhof, Frankenhofen, Regenhütte und Schliersee) entnommen und wovon je 2 Stämme im Sommer, die beiden anderen im Winter gefällt wurden. Von dem Standort Lichtenhof wurde Kiefernholz (Föhre), von den anderen drei Standorten Fichtenholz eingesandt. Die Bäume wurden 1,5 cm über dem Boden abgeschnitten und aus jedem der so gewonnenen 32 Abschnitte ein Balken von möglichst großem quadratischem Querschnitt so herausgenommen, daß der Kern ganz oder doch nahezu in dessen Mitte zu liegen kam und die Querschnittsseiten parallel zur Süd-Nord-, bezw. Ost-West-Richtung liefen. Diese Probestücke wurden auf Biegung untersucht. Von den beim Ausschneiden jener Balken abgefallenen Schwartlingen wurden 50 cm lange Stücke abgeschnitten und hieraus Lamellen von 8 cm Breite und 2 cm Dicke gewonnen; diese Probestücke, welche dann noch weiter hergerichtet wurden, sind der Zugfestigkeit unterworfen worden. Von den bei den Biegungsversuchen erhaltenen beiden Bruchstücken wurden jene Probestücke gewonnen, welche man zur Untersuchung auf Zug-, Druck- und Abscherungs-Festigkeit benötigte.

Die zu den Biegungsversuchen verwendeten 32 Balken hatten eine Spannweite von 250 cm. Ihr Querschnitt war möglichst groß und schwankte zwischen 15,2 cm Breite und 33,49 cm Höhe.

Gelegentlich der Zusammenstellung der Resultate gibt Bauschinger auch die Biegungsarbeit an, welche sowohl als Maßstab für die Festigkeit als auch zugleich für die Zähigkeit des betreffenden Holzstückes dient.

Bei Ausführung der Versuche über die Zugfestigkeit hat Bauschinger fünf typische Bruchformen unterschieden und folgendermaßen charakterisiert: kurz stumpf; kurz zackig; blättrig; faserig und langfaserig, und zugleich gefunden, daß in derselben Reihenfolge, in welcher die Bruchformen aufgezählt sind, von der kleineren zur größeren aufsteigend, in der Regel auch die Zugfestigkeiten der Probestücke stehen.

Die Druckversuche wurden an Probestücken von 9 × 9 cm Querschnitt und 15 cm Länge vorgenommen, während für die Abscherungsversuche Scheiben von 8 cm Dicke zur Verfügung standen.

Gelegentlich der Vornahme dieser Versuche hatte Bauschinger noch eine

eigene Versuchsreihe (an Fichtenholz) unternommen zu dem Zwecke, den Beziehungen zwischen den mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Holzes auf die Spur zu kommen. Zu diesem Ende wurden die Probestücke auf 4 Trockenstufen, d. h. nach und nach durch allmähliches Austrocknen bis zu jenem Zustand gebracht, wo das Holz an Luft von gleichbleibender Feuchtigkeit nichts mehr abgibt und feuchter oder trockener wird, je nach dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

Hierauf wurde der Feuchtigkeitsgehalt der einzelnen Probestücke und die Festigkeit derselben ermittelt.

Wir müssen uns darauf beschränken, die Hauptresultate dieser höchst instruktiven Arbeit wiederzugeben, welche sich in Folgendem ausdrücken: „Im großen und ganzen ist bei geringerem Feuchtigkeitsgehalt und größerem spezifischem Trockengewicht ein höherer Elastizitätsmodul und eine größere Festigkeit vorhanden, aber letztere Eigenschaften unterliegen noch anderen Einflüssen, die mindestens ebenso mächtig sind wie die Wirkungen der Feuchtigkeit und des spezifischen Gewichtes und folglich diese ganz oder teilweise verdecken. Diese Einflüsse rühren natürlich von der örtlichen Beschaffenheit der Holzsubstanz in dem betr. Probestück oder an dessen Bruchstelle her, dieses organischen Gebildes von fester Holzmasse (Zellulose, Lignin) mit Hohlräumen verschiedener Art (Poren, Höhlungen der Holzfasern etc.), das sich schon beim näheren Besichtigen eines Querschnittes mit bloßem Auge, noch mehr aber bei der Beobachtung eines Dünnschnittes unter dem Mikroskop von außerordentlich verschiedener Beschaffenheit zeigt, sowohl innerhalb desselben Querschnittes als auch an gleichen Querschnittsorten in verschiedenen Höhenlagen desselben Stammes, wenn diese auch nur verhältnismäßig wenig, um 2—3 Meter, voneinander entfernt sind.“

Bauschinger hat nun eine Relation zwischen der Druckfestigkeit und dem Feuchtigkeitsgehalt aufgestellt und gefunden, daß

$$\beta_0 = \beta [1 + \lambda (\varphi - \varphi_0)],$$

wobei β die Druckfestigkeit beim Feuchtigkeitsgehalt φ und β_0 diejenige bei einem niedrigeren Feuchtigkeitsgehalt φ_0 bezeichnet, welcher in der Nähe der Lufttrockene liegt. Die Konstante λ wurde im Mittel zu 0,0366 gefunden.

In ähnlicher Weise fand Bauschinger den Zusammenhang zwischen der Schubfestigkeit und dem Feuchtigkeitsgehalt aus der ähnlich gebauten Formel:

$$\gamma_0 = \gamma [1 + \mu (\varphi - \varphi_0)],$$

worin γ die Schubfestigkeit beim Feuchtigkeitsgehalt φ und γ_0 diejenige beim Feuchtigkeitsgehalt φ_0 bezeichnet. Der Koeffizient μ wurde zu 0,0430 ermittelt.

Dieser Wert μ stimmt so ziemlich mit jenem (λ) für die Druckfestigkeit überein.

In Nachstehendem geben wir die Mittelwerte der Versuchsresultate.

(Siehe Tabelle IX., S. 409.)

Bezüglich der Resultate und Folgerungen aus denselben müssen wir auf die Bauschingersche Arbeit selbst verweisen, können aber nicht umhin, wenigstens die wichtigsten derselben hier anzuführen, da dieselben neue Perspektiven eröffnen.

Bezüglich der Zugfestigkeit wurde gefunden, „daß die Zugfestigkeit unabhängig ist von der ganzen Jahrringbreite, und nur bedingt ist von der Beschaffenheit der beiden Zonen und daher bei der fast konstanten Beschaffenheit der Frühjahrszone wesentlich abhängig von der Festigkeit der Spätholz-(Herbst)zone und außerdem von der verhältnismäßigen Breite derselben“.

Es hat sich ferner ergeben, daß „eine dichte Herbstzone von großer verhältnis-

Tabelle IX.

Fällzeit	Sommer				Winter			
Holzart	Kiefer	Fichte			Kiefer	Fichte		
Standort	Lichtenhof	Frankenhofen	Regenhütte	Schliersee	Lichtenhof	Frankenhofen	Regenhütte	Schliersee
	Biegungsversuche.							
Elastizitäts-Modul in at	108 000	110 000	115 000	73 000	103 000	116 000	110 000	69 000
Elastizitäts-Grenze in at	201	228	216	146	220	262	227	132
Biegungsfestigkeit at .	472	419	416	295	451	446	446	257
Spezif. Gew. bei Lufttrockene	0,50	0,45	0,46	0,355	0,55	0,43	0,43	0,375
Feuchtigkeitsgehalt in % des Holzgewichtes	23	29	34	23,5	33	27	31	25
	Zugversuche.							
Mittlere Festigkeit der Umfang-Stücke in at	1050	790	1030	700	750	1240	960	580
Mittlere Festigkeit der Kern-Stücke in at .	230	310	410	290	290	345	300	255
Mittlere Festigkeit des ganzen Querschnittes in at	790	750	825	565	595	940	740	470
	Druckversuche.							
Druckfestigkeit für den ganzen Querschnitt in at	281	246	234	162	319	313	281	225
Feuchtigkeitsgehalt %	19	20	27	20	26	17	20	19
Druckfestigkeit f. 10% Feuchtigkeit (Lufttrockene) in at . .	373	335	379	222	504	393	383	298
	Abscherungsversuche // zur Faser.							
Schubfestigkeit im Durchmesser in at . .	43	41	38	32	49	51	49	38
Schubfestigkeit im Quadrat in at . . .	46	41	38	31	51	52	49	38
Feuchtigkeitsgehalt in % des Holzgew. . .	25	38	38	28	—	—	—	—

mäßiger Breite stets eine große Zugfestigkeit (und Dichtigkeit), eine locker gewebte und verhältnismäßig dünne Herbstzone aber stets eine geringere Festigkeit (und Dichtigkeit) des ganzen Querschnittes zur Folge hat und daß die so bedeutend geringere Festigkeit der Kernstücke nicht sowohl von der großen Breite der Jahrringe, sondern vielmehr von der lockeren Beschaffenheit und verhältnismäßig geringen Breite der Herbstzone herrührt".

„Immer ist eine höhere Zugfestigkeit von einem faserigen Bruch, eine niedrigere von einem kurzen, stumpfen oder zackigen Bruch begleitet."

Die ungeheure Mannigfaltigkeit, welche in der Anordnung der Fasern betreffs ihrer Lage neben- und hintereinander möglich ist, scheint der Hauptgrund der großen Verschiedenheiten zu sein, welche die Zugfestigkeit innerhalb desselben Stammes, ja innerhalb desselben Querschnittes eines solchen zeigt."

Außer den im anatomischen Bau des Holzes sich aussprechenden Verhältnissen hat auch noch die eigentliche Holzsubstanz ihrer Qualität, ihrer chemischen Zusam-

mensetzung nach Einfluß auf die Festigkeit. Um dieser Frage näher zu kommen, wurden mehrere Probestücke auf ihren Lignin-Gehalt und Gehalt an Zellulose untersucht und gefunden:

„Die Zugfestigkeit nimmt mit dem Gehalt an Zellulose zu und umgekehrt wird die Zugfestigkeit kleiner, wenn der Lignin-Gehalt wächst."

„Lignin scheint das Holz härter, spröder, widerstandsfähiger gegen Biegung zu machen, während die Zugfestigkeit durch Ligninbildung verringert wird."

Bezüglich der Fragen nach dem Einfluß des Bodens und der Fällzeit auf die Festigkeit gelangte Bauschinger zu folgenden Resultaten:

1. Die auf den Standorten Frankenhofen und Regenhütte erwachsenen Stämme haben ungefähr gleiche mittlere Zugfestigkeit, etwas geringer ist diejenige der Kiefern von Lichtenhof und entschieden die geringste Festigkeit haben die breitringigen Fichtenstämme von Schliersee.

2. Ein Einfluß der Fällzeit ist bei Hölzern, die kürzere Zeit, etwa einen Monat nach ihrer Fällung geprüft werden, nicht zu erkennen.

Der Elastizitätsmodul für Zug variiert sehr bedeutend mit der Festigkeit; er nimmt mit der Festigkeit zu und ab, doch in der Regel bei weitem nicht in demselben Verhältnisse wie diese.

Die Elastizitätsgrenze für Zug fällt nahezu mit der Bruchgrenze zusammen.

Aus den Ergebnissen über die Biegungsfestigkeit folgt, daß die Zahlen für die Biegungsfestigkeit ebenfalls von der zufälligen örtlichen Beschaffenheit des Holzes, die innerhalb desselben Stammes so sehr verschieden sein kann, beeinflußt werden wie diejenigen für die Zugfestigkeit, wenn auch nicht in so hohem Grade wie diese. Ein Zusammenhang zwischen den mechanischen Eigenschaften und der Dichtigkeit war hiebei nicht festzustellen, wenigstens nicht mit Sicherheit. Aus den Mittelwerten ließen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Die auf den Standorten Frankenhofen und Regenhütte erwachsenen Stämme haben bei fast gleichem spezifischem Gewichte ungefähr gleiche Qualität für die Beanspruchung auf Biegung und werden von den in Lichtenhof gewachsenen Stämmen trotz deren bedeutend größerem spezifischem Gewichte kaum übertroffen; dagegen stehen jenen die Schlierseer Stämme bedeutend nach, sowohl was die mechanischen Eigenschaften anbelangt, als auch betreffs des spezifischen Gewichtes.

2. Ein Einfluß der Fällzeit ist auch hier nicht zu konstatieren.

Bei den Druckversuchen ist charakteristisch, daß die Ueberschreitung der Festigkeitsgrenze sehr scharf zu beobachten ist, obwohl eine Lösung des Zusammenhanges der Teile nicht stattfindet. Die Elastizitätsgrenze dagegen ist bei Druckversuchen in der Regel sehr verschwommen und der Elastizitätsmodul wegen der großen Schwierigkeiten einer völlig gleichmäßigen Verteilung des Druckes etwas unsicher. Auch hier zeigte sich wieder, daß die Kernstücke eine geringere Festigkeit haben als die Seitenstücke. Ein Einfluß der Himmelsrichtung ließ sich nicht erkennen.

Ferner hat sich ergeben:

1. Die auf den Standorten Frankenhofen und Regenhütte erwachsenen Stämme haben bei fast gleichem spezifischem Gewicht ungefähr gleiche mittlere Druckfestigkeiten und werden von den in Lichtenhof gewachsenen Stämmen trotz deren größerer Dichtigkeit kaum übertroffen, dagegen stehen jenen die Schlierseer Stämme bedeutend nach.

2. Bei allen vier Standorten ist die Festigkeit der im Winter gefällten Stämme größer als die der im Sommer gefällten, und zwar verhalten sich beide Festigkeiten im lufttrockenen Zustand im Mittel wie 1 : 1,22.

Aus den Resultaten der Abscherversuche geht hervor, daß die Schubfestigkeit unabhängig von der Breite der Jahrringe und daß sie im Kern am kleinsten ist und von da aus bis zur Peripherie hin wächst. Sehr häufig ist sie aber nächst dem Splint wieder kleiner als zwischen dem Kern und diesem.

Es konnte weder ein Einfluß der Himmelsrichtung auf die Schubfestigkeit noch ein entschiedener Einfluß der Höhenlage im Stamme abgeleitet werden. In ziemlicher Uebereinstimmung mit den bei der Druckfestigkeit gefundenen Sätzen ergab sich auch hier:

1. Die Schubfestigkeit des Holzes längs der Faser von den drei Standorten Lichtenhof, Frankenhofen und Regenhütte ist nahezu die gleiche, die des Schlierseer Holzes aber wesentlich geringer.

2. Die Schubfestigkeit des im Winter gefällten Holzes ist größer als diejenige der Stämme, welche im Sommer geschlagen wurden, und zwar verhalten sich beide Festigkeiten im Mittel wie 1 : 1,27.

In seiner Schlußbemerkung gibt Bauschinger auf die beiden Hauptfragen: Einfluß des Standortes und der Fällzeit auf die Elastizitäts- und Festigkeits-Eigenschaften des Fichten- und Kiefernholzes, folgende Antwort:

1. Fichten- oder Kiefernstämme, welche bei gleichem Alter ungefähr gleichen Durchmesser haben, die also ungefähr gleich schnell gewachsen sind, haben, unabhängig vom Standorte, die gleichen mechanischen Eigenschaften bei gleichem Feuchtigkeitsgehalt. Stämme, welche bei gleichem Alter größeren Durchmesser, also breitere Jahrringe haben, schneller gewachsen sind, haben eine geringere Festigkeit, als langsamer gewachsene.

2. Fichten- oder Kiefernstämme, welche im Winter gefällt wurden, haben, zwei bis drei Monate nach ihrer Fällung geprüft, unter sonst gleichen Umständen eine um ca. 25 % größere Festigkeit als solche, die im Sommer geschlagen werden.

§ 33. Nebst dieser ausgezeichneten Arbeit, welche Bauschinger im Jahre 1882 zur Durchführung brachte, hat derselbe in dem „sechzehnten Heft der Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der K. Technischen Hochschule in München 1887“ als Fortsetzung dieser Studie die Resultate der Untersuchungen über „die Veränderung der Festigkeit des Nadelholzes nach dem Fällen“ publiziert. Diese Arbeit hatte den Zweck, den Einfluß der Fällzeit und des Standortes auf die Dauer des Nadelholzes zu untersuchen. Als Versuchsmaterial wurden aus den zu Gebote stehenden 32 Balkenstücken der oben zitierten Hölzer an möglichst astfreier Stelle zwei 15 cm dicke, viereckige Platten unmittelbar nebeneinander herausgeschnitten, und beschränkte sich die Prüfung dieses Versuchsmaterials auf die Ermittlung der Druckfestigkeit und des dabei vorhandenen Feuchtigkeitsgehaltes der Probestücke. Das Material war 5 bezw. 4½ Jahre im Freien gelagert und während dieser Zeit den Witterungseinflüssen ausgesetzt. Eine der beiden Platten wurde benützt, um ein quadratisches Prisma mit ca. 10 cm Querschnittsseite zu gewinnen, welches in seiner Mitte den Kern enthielt; die andere Platte wurde durch zwei aufeinander senkrecht stehende und durch die Mitte des Kernes gehende Schnitte in 4 rechtwinkelige Parallelepipede zerlegt, aus welchen Prismen gearbeitet wurden, deren Querschnitt nahezu quadratisch und deren Länge, parallel der Faser, 1½mal so groß als die kleinste Dimension war.

Um die Resultate für das spezifische Gewicht und die Druckfestigkeit mit jenen Daten für frisch gefälltes Holz vergleichen zu können, mußten alle auf den gleichen Feuchtigkeitsgehalt reduziert werden. Bauschinger wählte hiezu den Feuchtigkeitsgehalt der Lufttrockene $\varphi = 10\%$ des Gewichtes des feuchten oder

$\psi = 12\,\%$ des Gewichtes des im Trockenofen getrockneten Holzes und benutzte die Formeln:

$$\delta = \delta_0 \, (1 + 0{,}006 \, (\psi - 12)$$

für die Dichtigkeit und

$$\beta_0 = \beta \, (1 + 0{,}0366 \, (\varphi - 10)$$

für die Druckfestigkeit.

Aus den so erhaltenen Daten für das spezifische Gewicht und die Druckfestigkeit ergab sich, daß die spezifischen Gewichte teils gleich geblieben, teils ein wenig größer oder ein wenig kleiner geworden sind. Das Mittel aus 64 Zahlen für das spezifische Gewicht des Holzes, 5 Jahre nach der Fällung, war 0,424, und das spezifische Gewicht des Holzes 3 Monate nach der Fällung betrug 0,43; die Dichtigkeit ist also im ganzen fast unverändert geblieben.

Dagegen zeigt die Druckfestigkeit fast durchweg eine und zwar meist sehr erhebliche Zunahme; Ausnahmen finden nur da statt, wo schon das äußere Ansehen des Probestückes beträchtliche Zeichen von Zerstörung durch Fäulnis zu erkennen gibt. Das Anfaulen von geringerem Betrag vermag die Erhöhung der Druckfestigkeit nicht aufzuheben, sondern nur zu verringern. Um zu sehen, ob bei der Erhöhung der Druckfestigkeit durch das Ablagern die im Sommer gefällten Stämme gegenüber den im Winter gefällten einen Unterschied zeigen, hat Bauschinger für jeden der 4 Standorte die durchschnittliche Druckfestigkeit des ganzen Querschnittes wie folgt ermittelt:

Tabelle X.

Durchschnittliche Druckfestigkeit des ganzen Querschnitts der Stämme von

Fällzeit	Lichtenhof		Frankenhofen		Regenhütte		Schliersee	
	5 Jahre n. d. Fällen at	3 Monate n. d. Fällen at	5 Jahre n. d. Fällen at	3 Monate n. d. Fällen at	5 Jahre n. d. Fällen at	3 Monate n. d. Fällen at	5 Jahre n. d. Fällen at	3 Monate n. d. Fällen at
Sommer	505	368	451	338	442	374	322	221
Winter	446	477	465	395	446	376	336	298

Sieht man hierin von den im Winter gefällten Stämmen von Lichtenhof ab, deren Stücke sämtlich so beträchtlich angefault waren, daß sie eine Verminderung der Druckfestigkeit ergaben, so folgt hieraus:

„Die Zunahme der Druckfestigkeit ist bei den im Sommer gefällten Stämmen größer als bei den im Winter gefällten, so daß die anfänglich, kurze Zeit nach dem Fällen, geringere Druckfestigkeit der im Sommer gefällten Stämme diejenige der im Winter gefällten während des Ablagerns ganz oder nahezu einholt."

Wie lange die hiedurch bewirkte Erhöhung der Druckfestigkeit des Holzes dauert, in welcher Zeit dieselbe ein unzweifelhaft bestehendes Maximum erreicht, konnte durch die vorstehenden Versuche nicht ermittelt werden. Sie zeigten nur die Erhöhung, welche nach 5 Jahren stattfand.

Bauschinger kommt am Schlusse seiner Arbeit unter Berücksichtigung der weiter unten angeführten Resultate zu dem Schlusse, „daß die Erhöhung der Druckfestigkeit durch das Ablagern nicht über 1 Jahr hinaus, von der Fällzeit an gerechnet, dauere".

§ 34. Außer diesen Untersuchungen publizierte Bauschinger in dem gleichen Hefte der Mitteilungen eine Arbeit „über die Elastizität und Festigkeit verschiedener Nadelhölzer", welche als Folgerung den von ihm bereits früher aufgestellten Satz ergibt, daß bei jenen Versuchen, bei denen

es sich um die Durchschnittsqualität eines Stammes handelt, wie bei den Fragen über den Einfluß des Standortes, der Fällzeit etc., Druckversuche, angestellt an prismatischen Stücken von ca. 15 cm Länge und 8—10 cm Querschnittsseite am sichersten zum Ziele führen dürften. Von dem Gedanken ausgehend, daß dem Hauptverwendungszwecke entsprechend die wichtigste Eigenschaft des Holzes die Biegungs-Elastizität und -Festigkeit sei, war der Grundplan der folgenden Versuche der, daß ein und demselben Baumstamme Probestücke für Biegungs- und Druckversuche entnommen und die Resultate dieser Versuche unter Berücksichtigung des Feuchtigkeitszustandes der Probestücke untereinander verglichen werden sollten.

Als Versuchsmaterial dienten im ganzen 45 Stämme, welche 4 verschiedenen bayrischen Revieren angehörten. Dieselben wurden 1 Meter über dem Boden abgeschnitten und es kamen die 4 Meter langen Trumme zur Verwendung. Das gewonnene Versuchsmaterial diente zur Erhebung der Druckfestigkeit, des spez. Gewichtes und des Feuchtigkeitsgehaltes sowie der Biegungs-Elastizität und -Festigkeit.

Die Druckversuche wurden an ganz frischem (nassem) Holze, in getrocknetem Zustande befindlichem Holze und an ganz oder doch nahezu lufttrockenem Holze vorgenommen.

Aus den Versuchsresultaten lassen sich folgende Ergebnisse anführen:

Zunächst folgte wieder die Abhängigkeit der Druckfestigkeit und des spezifischen Gewichtes vom Feuchtigkeitsgehalt, und zwar nimmt die Druckfestigkeit bei zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt anfangs rascher, dann langsamer ab, ebenso das spezifische Gewicht bei abnehmendem Feuchtigkeitsgehalt.

Bezüglich des Zusammenhanges zwischen den Festigkeits-Eigenschaften des Nadelholzes und seinem anatomischen Bau hat Bauschinger gelegentlich seiner ersten Versuche (siehe Seite 409) den Satz aufgestellt, daß eine dichte Sommerholz-Zone der Jahrringe von verhältnismäßig großer Breite im Vergleich zur Frühjahrszone eine große Zugfestigkeit, eine locker gewebte und verhältnismäßig dünne (schmale) Sommerzone dagegen stets eine geringere Festigkeit (und Dichtigkeit) des ganzen Querschnittes zur Folge hat. Ferner hat er gefunden, daß Stämme, welche bei gleichem Alter größeren Durchmesser, also breitere Jahrringe haben, schneller gewachsen sind, eine geringere Festigkeit haben als langsam gewachsene Stämme. Wohl traf diese Annahme bei den damals untersuchten Stämmen zu, doch ist sie im allgemeinen nicht richtig. Aus den in Rede stehenden Versuchen hat sich vielmehr ergeben, daß die verhältnismäßige Breite der Sommer- gegenüber der Frühjahrszone von der ganzen Breite der Jahrringe unabhängig ist, daß größere verhältnismäßige Breiten der Sommerzone sowohl bei weit- als bei engringigen Stämmen vorkommen und ebenso kleinere verhältnismäßige Breiten. Hieraus folgte der Schluß, „daß die Qualität des Holzes, für welche seine Druckfestigkeit maßgebend ist, mit der ganzen Breite der Jahrringe in keinem gesetzmäßigen Zusammenhang stehe". Daß eine verhältnismäßig größere Breite der dichten Sommerzone auch eine größere Dichtigkeit des Holzes zur Folge hat, wurde schon in den früheren Arbeiten Bauschingers hervorgehoben, und daß zwischen der Druckfestigkeit und dem spezifischen Gewicht bei einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt ein inniger Zusammenhang bestehe, bewies auch diese neue Arbeit. Als annähernder Ausdruck für die Abhängigkeit der Druckfestigkeit vom spezifischen Gewicht bei 15 % Feuchtigkeitsgehalt wurde folgende Gleichung gefunden:

$$\beta = 1000\ \delta - 100,$$

worin β die Druckfestigkeit, δ das spezifische Gewicht bei dem Feuchtigkeitsgehalt von 15 % bedeuten.

Wenn man sich fragt, wonach die „Qualität" des Holzes bezüglich seiner mechanischen Eigenschaften bei seiner bautechnischen Verwendung zu beurteilen sei, so kommt dabei in erster Linie die Biegungsfestigkeit in Betracht, in zweiter die Druckfestigkeit bei der Verwendung zu Säulen, Pfosten etc. Nun ist aber, wie dies die Versuche bestätigen, die Biegungsfestigkeit und mit ihr auch die Biegungsarbeit, welch erstere ja immer gerade an einer bestimmten Stelle des Probestückes, im gefährlichen Querschnitt, überwunden wird, in außerordentlichem Grade abhängig von den Einflüssen, welche besonders Aeste an oder in der Nähe jener Stelle ausüben, so daß zwei Stämme von im ganzen gleicher Qualität bei dem Versuche sehr verschiedene Biegungsfestigkeit und Biegungsarbeit ergeben können. Eine ähnliche Bewandtnis hat es mit der Elastizitätsgrenze, wozu noch kommt, daß diese immerhin nur ziemlich unsicher zu bestimmen ist. Dagegen zeigt das Holz, daß sein Elastizitätsmodul, sowohl jener für Zug als auch der für Druck und Biegung, in hohem Grade mit diesen Festigkeitseigenschaften veränderlich ist, mit ihnen steigt und fällt. Da nun der Elastizitätsmodul von der Qualität des g a n z e n Probestückes abhängig ist und innerhalb der Elastizitätsgrenze ermittelt wird, also einer Grenze, innerhalb deren nur das Material in Wirklichkeit angestrengt wird, so hält B a u s c h i n g e r diesen um so eher geeignet als Maßstab für die Beurteilung der Qualität, als er durch Biegungsversuche leicht mit genügender Sicherheit bestimmt werden kann.

Um die Richtigkeit dieser Ansicht zu prüfen, hat B a u s c h i n g e r seiner Arbeit eine graphische Aufzeichnung der diesbezüglichen Daten beigefügt, welche unverkennbar einen gesetzmäßigen Zusammenhang zwischen dem Elastizitätsmodul einerseits und der Biegungs- oder Druckfestigkeit andererseits zeigt, und folgert hieraus, daß die Druckfestigkeit ein sichereres Kennzeichen für die bautechnisch wichtige Qualität des Holzes ist als die Biegungsfestigkeit. Und da die Druckfestigkeit bei der zweiten, wichtigen Verwendungsart des Holzes in der Bautechnik, zu Pfosten u. dgl., von direktem Einfluß ist, weil ferner die Probestücke für Druckfestigkeit so leicht und ohne bedeutende Kosten zu beschaffen sind und weil endlich dieselbe so sicher und genau bestimmt werden kann, so empfiehlt B a u s c h i n g e r aufs neue dieses Verfahren zur Prüfung des Holzes. Seine Vorschläge sind zum Teil in dem allgemeinen Arbeitsplane für Holzprüfungen, welcher vom Internationalen Verband für die Materialprüfungen der Technik aufgestellt wurde, berücksichtigt worden.

§ 35. Die Arbeiten M. R u d e l o f f s hatten den Zweck, eine umfassende Untersuchung über die Abhängigkeit der Festigkeit der in Preußen vorkommenden Hauptholzarten von den Standortsverhältnissen durchzuführen. Der hiefür erforderliche Versuchs-Arbeitsplan wurde von Prof. Martens ausgearbeitet. Es wurde zunächst die Untersuchung von drei Kieferstämmen aus der Umgegend von Berlin in den Arbeitsplan aufgenommen. Die Versuchsergebnisse lassen sich wie folgt kurz charakterisieren: Bezüglich des Einflusses der Höhenlage im Stamme auf die D r u c k f e s t i g k e i t ergab sich aus den Mittelwerten für die einzelnen Trockenstufen, daß die Festigkeit im allgemeinen mit zunehmender Höhe im Stamme abnimmt. Ferner wurde gefunden, daß die Druckfestigkeit mit dem spezifischen Gewichte und zwar annähernd in dem gleichen Verhältnisse wie dieses abnimmt. Im allgemeinen entsprach der größeren Jahrringsbreite auch die größere Druckfestigkeit. Für diesen auf den ersten Blick scheinbaren Widerspruch ist in der genannten Abhandlung eine Erklärung gegeben, und ferner gelangten die Versuchsansteller zu dem Schlusse, daß die Druckfestigkeit des Holzes wesentlich von dem Widerstande abhängt, welchen die einzelnen aus Herbstholz bestehenden Schichten (Platten) dem Zerknicken entgegensetzen und daß die Druckfestigkeit einer „von Hirn" aus beanspruchten

Holzprobe bei sonst gleichen Verhältnissen um so größer ist, je geringer der Krümmungsradius der Jahrringe ist.

Ebenso wie beim lufttrockenen Holz zeigt sich auch, daß beim grünen Holz die Druckfestigkeit mit dem spezifischen Gewicht, der Jahrringbreite und wachsender Höhenlage im Stamme abnimmt. Bezüglich der Lage im Querschnitt und der Himmelsrichtung ist ein bestimmter Einfluß auf die Festigkeit nicht ersichtlich.

Die Scherversuche dienten zur Ermittlung der Festigkeit des Holzes in der Richtung des Spiegels und in der Richtung tangential zu den Jahrringen. Aus den Ergebnissen läßt sich hinsichtlich des Einflusses der Lage des Holzes im Stammquerschnitt erkennen, daß die Scherfestigkeit des dem Mark zunächst gelegenen Kernholzes geringer ist als die der übrigen Kernstücke. Ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen Schubfestigkeit und Höhenlage im Stamm konnte nicht nachgewiesen werden. Die Scherfestigkeit des lufttrockenen Splintholzes sowohl im Spiegel als auch in der Wölbfläche zeigte sich um 12—13 % kleiner als die des Kernholzes. Im allgemeinen ergab sich die Schubfestigkeit im Spiegel um etwa 10—15 % größer als in der Wölbfläche.

Die Versuche auf Biegung des Holzes konnten nur an wenigen Probestücken vorgenommen werden. Es ergab sich, daß die Widerstandsfähigkeit des Holzes gegen Inanspruchnahme auf Biegung mit der Höhenlage im Stamm abnimmt.

Die Resultate über die Zugfestigkeit sind vielfach durch Schwierigkeiten und Unzulänglichkeiten beeinflußt, welche sich der Durchführung dieser Versuche entgegenstellten. Immerhin konnten aus den Zahlenwerten folgende Schlüsse gezogen werden: 1. Der Einfluß der Himmelsrichtung tritt nicht scharf zutage, obgleich sowohl im lufttrockenen als auch im halbtrockenen Zustande das nach Osten gelegene Holz den niedrigsten Elastizitätsmodul zeigt. Zieht man hier die Jahrringbreite mit in Betracht, so ergibt sich, daß auch diese ohne gesetzmäßigen Einfluß ist. 2. Der Einfluß der Höhenlage im Stamm äußert sich in der Weise, daß bei allen drei Stämmen das Holz des höher gelegenen Trumms einen wesentlich geringeren Elastizitätsmodul aufweist, als am Stamm-Ende. Der Unterschied betrug im Mittel für das grüne Holz 18,8 %, für das halbtrockene 21,2 % und für das lufttrockene 22,8 %. 3. Bezüglich des Trockenzustandes ergab sich, daß das Holz mit zunehmender Trockenheit an Starrheit gewinnt, und zwar ist der mittlere Elastizitätsmodul aller Stämme bei dem grünen Holz um 32,7 % und bei dem halbtrockenen um 7,4 % kleiner als derjenige des lufttrockenen Holzes.

Bezüglich der Schwindungs-Verhältnisse sei auf diese ausgezeichnete Publikation direkt verwiesen.

Ueberblicken wir die Hauptresultate, so muß zunächst erkannt werden, daß der Versuch unternommen wurde, aus den Ergebnissen allgemeine Schlüsse abzuleiten, deren Richtigkeit teils durch die Versuche von Tetmajer, Bauschinger und Nördlinger ihre Bestätigung gefunden haben, teils aber durch weitere Versuche erst noch finden werden.

Immerhin läßt uns auch diese mühevolle Arbeit die großen Schwierigkeiten der Versuchsausführungen bei Hölzern im vollen Maße erkennen und zu dem Resultate gelangen, daß wir bei der Ermittlung der technischen Eigenschaften des Holzes nach einem ganz bestimmten und vorher reiflich zu überlegenden Arbeitsprogramm vorzugehen haben, sollen die Resultate für die Technik brauchbare Daten liefern. Ein derartiger allgemeiner Arbeitsplan für Holzuntersuchungen ist mittlerweile (im Jahre 1906) vom Internationalen Verband für die Materialprüfungen der Technik (siehe Seite 389) aufgestellt worden. Rudeloff gebührt das Verdienst, die Grundzüge für

eine Vereinheitlichung der Holzprüfungen zusammengestellt und den Entwurf dieses Arbeitsplanes verfaßt zu haben.

Von demselben Versuchsansteller rührt auch die höchst interessante Arbeit: „Untersuchung über den Einfluß des Blauwerdens auf die Festigkeit von Kiefernholz" her, welche im Heft I der Mitteilungen aus den Kgl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1897 erschienen ist und im V. Heft des Jahrganges 1899 zum Abschlusse gelangte.

Aus den umfangreichen Untersuchungen über den Einfluß des Blauwerdens und des Lagerns der Stämme im Walde zieht Rudeloff den Schluß, 1. daß die Unterschiede zwischen dem weißen und blauen Kiefernholz nicht derart seien, daß man in dem Blauwerden eine Schädigung der Festigkeitseigenschaften des Holzes erblicken könne, und 2. daß das Holz durch das Lagern der Stämme im Walde, selbst wenn es keine Veränderung im Aussehen zeige, hinsichtlich seiner Festigkeit minderwertig werde.

§ 36. Die Untersuchungen von Dr. A. Schwappach über Raumgewicht und Druckfestigkeit der Kiefer, Fichte, Weißtanne, Weymouthskiefer und Rotbuche stellen das Resultat einer gemeinsamen Arbeit der preußischen Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde mit den Königl. Technischen Versuchsanstalten in Berlin-Charlottenburg dar. Die ersteren Versuche erstreckten sich auf 135 Kiefernstämme, welche verschiedenen Standorten angehörten. Sowohl das spezifische Trockengewicht als auch die Druckfestigkeit wurden an den Probekörpern erhoben. Ohne auf die wertvollen Einzelergebnisse einzugehen, seien hier die Schlußresultate angeführt, welche diese höchst instruktive Arbeit geliefert hat.

Die wichtigsten Ergebnisse über die Qualität des Kiefernholzes sind folgende:

Als Mittelwerte ganzer, haubarer Stämme von besseren Standorten können angenommen werden: ein spezifisches Trockengewicht von 0,49 und eine Druckfestigkeit von 480 kg per qcm. Die Güte des Kiefernholzes hängt nach den Untersuchungen über Raumgewicht und Druckfestigkeit gleichmäßig ab von a) Stammteil, b) Alter, c) Prozentsatz des Sommerholzes, d) Wachstumsgebiet und e) Standortsgüte.

ad a) Das Holz aus den untersten Stammteilen ist das schwerste und härteste; beide Eigenschaften nehmen zuerst rasch, dann in den mittleren Baumteilen langsamer ab, das Verhalten der obersten Stammteile ist wechselnd und hauptsächlich durch die Lage der Aeste bedingt.

ad b) Gesundes altes Holz ist besser als junges; Raumgewicht und Druckfestigkeit verhalten sich jedoch in dieser Richtung nicht ganz gleichmäßig. Das laufendjährige Optimum an Gewicht wird etwa im 60 jährigen Alter erreicht, von da ab sinkt das Raumgewicht des erzeugten Holzes zuerst langsam, dann rascher. Das durchschnittliche höchste Raumgewicht tritt etwa im 90—100jährigen Alter ein.

Eine Ausnahme von diesem Gang machen nur die geringsten Standorte, auf denen das schwerste Holz in frühester Jugend erzeugt wird. Die Druckfestigkeit nimmt mit dem Alter innerhalb der Grenzen dieser Untersuchung noch zu.

ad c) Einem geringen Prozentsatz von Sommerholz (30 % und weniger) entspricht stets ein niedriges Raumgewicht und eine geringe Druckfestigkeit; beide steigen mit einer Zunahme dieses Prozentsatzes rasch an. Alle Verhältnisse und wirtschaftlichen Maßregeln, welche eine Zunahme des Prozentsatzes vom Sommerholze zur Folge haben, steigern auch die Güte des Holzes.

ad d) Die Qualität des Kiefernholzes wechselt nach dem Wachstumsgebiet; das Optimum für die Güte des Kiefernholzes innerhalb des Kreises dieser Unter-

suchung und anscheinend wohl auch wenigstens für Deutschland liegt zwischen der Oder und Weichsel, und zwar zwischen dem mittleren und unteren Lauf dieser Ströme.

ad e) Kiefernholz von geringeren Standorten des gleichen Wachstumsgebietes ist weniger gut, als solches von besseren Standorten.

Das Verhältnis zwischen Raumgewicht und Druckfestigkeit ändert sich nach Alter, Wachstumsgebiet und Standortsgüte. Je besser die Qualität, desto geringer ist unter sonst gleichen Umständen das Raumgewicht, welches einer bestimmten Druckfestigkeit entspricht.

Da mit zunehmendem Alter Veränderungen im Kiefernholz eintreten, welche dessen Qualität wesentlich erhöhen, so sind auf den besseren Standorten Umtriebszeiten von 120—140 Jahren angezeigt. Die notwendige Voraussetzung hiefür besteht aber darin, daß diese bessere Qualität auch im Preise zum Ausdruck gelangt.

Das Holz der Pinus silvestris besitzt unter günstigen Bedingungen eine Druckfestigkeit, welche jener der als Pitch-pine-Holz im Handel vorkommenden Arten durchschnittlich gleichwertig ist, mehrere derselben aber sogar wesentlich übertrifft. Hinsichtlich des Raumgewichtes steht das Holz von Pinus silvestris hinter jenem von P. cubensis und australis zurück, kommt aber jenem von P. taeda und mitis gleich.

Unter dem Einfluß ständiger Windströmungen entsteht ein exzentrischer Wuchs der Kiefer, bei welchem das härteste [1]) Holz auf der schmalen Seite liegt. Die Ausdrücke „harte" und „weiche" Seite der Kiefer entsprechen nicht der Druckfestigkeit.

Diesen lehrreichen Untersuchungsresultaten über das Kiefernholz ließ Dr. Schwappach ein Jahr später die Veröffentlichung über die Ergebnisse der Fichte, Weißtanne, Weymouthskiefer und Rotbuche in einem separaten Bande folgen. Ein Rückblick auf die Ergebnisse dieser höchst beachtenswerten Arbeit führte den Versuchsansteller zu folgenden Schlüssen:

Das Raumgewicht und die Druckfestigkeit hängen ab: von der Holzart, und bei gleicher Holzart: vom Stammteil, Alter, Wachstumsgebiet, Standortsgüte und wenigstens bei der Kiefer auch vom Prozentsatz des Sommerholzes. (Bei den übrigen Holzarten sind Ermittlungen über den Einfluß des Sommerholzes auf Raumgewicht und Druckfestigkeit nicht angestellt worden). Das spezifische Trockengewicht der einzelnen Hölzer wurde im Mittel gefunden für Rotbuche 0,67, Kiefer 0,49, Fichte 0,46, Weißtanne 0,41 und für die Weymouthskiefer 0,37. Die Druckfestigkeit der einzelnen Hölzer im Mittel betrug für die Rotbuche 540, Kiefer 480, Fichte 460, Weymouthskiefer 420 und Weißtanne 400 kg pro qcm.

Hinsichtlich der Beziehungen zwischen dem Verhalten von Raumgewicht und Druckfestigkeit am Einzelstamm und hinsichtlich des Zusammenhanges zwischen Alter einerseits und Raumgewicht bezw. Druckfestigkeit andererseits sei auf die betr. Arbeit selbst verwiesen.

Nach der Volumenschwindung ordnen sich die Holzarten für 100—120jähriges Alter wie folgt: Buche 15 %, Fichte 13,2 %, Kiefer und Weißtanne 11,8 % und Weymouthskiefer 9,1 %; die Rotbuche schwindet also am meisten, während die Weymouthskiefer durch sehr geringe Schwindung ausgezeichnet ist.

Am Schlusse seiner Ergebnisse sind die Einflüsse präzisiert, welche die Wachstumsgebiete auf die Güte des Holzes haben.

---

1) Soll richtiger heißen „druckfesteste". Siehe auch die Bemerkungen über die harte und weiche Seite der Nadelhölzer im Kapitel über die Härte des Holzes auf Seite 439. J.

Die Arbeiten Schwappachs haben neuerdings gezeigt, wie verschieden die Eigenschaften des Holzes der gleichen Art je nach Wachstumsgebiet, Alter, Standort und wirtschaftlicher Behandlungsweise sind. Handelt es sich um die Beantwortung der Frage, ob innerhalb eines größeren Landes ein Unterschied in der Qualität des in verschiedenen Gegenden erwachsenden Holzes der gleichen Art besteht, so genügt jedenfalls neben der Ermittlung des Raumgewichtes die Untersuchung der Druckfestigkeit. Daß die Untersuchung sämtlicher Arten von Festigkeiten zur Erlangung sicherer Werte wünschenswert, ja notwendig ist, wird auch von Schwappach anerkannt.

§ 37. Die k. k. österreichische forstliche Versuchsanstalt in Mariabrunn hat den Untersuchungen über die technischen Eigenschaften, speziell der Elastizität und Festigkeit der Hölzer stets besondere Beachtung gewidmet; nach einem weitausgreifenden Arbeitsplane sollen die Hauptholzarten Oesterreichs: Fichte, Lärche, Eiche, Buche, Tanne und Kiefer in möglichst vollständiger, alle einzelnen Wuchsgebiete umfassenden Weise in monographischer Bearbeitung nach der angedeuteten Richtung in den Bereich der Untersuchung gezogen werden.

Die hiebei gesteckten Ziele sind einerseits rein technischer Natur, indem durch diese Untersuchungen die Festigkeitskoeffizienten der Bauhölzer sowie deren Abhängigkeit von den sie beeinflussenden Faktoren festgestellt werden sollen, anderseits forsttechnischer Natur, da hiedurch die Verbindung hergestellt werden soll zwischen Produzenten und Konsumenten des Holzes, zwischen der Forstwirtschaft und den Holz verarbeitenden Gewerben und Industrien; speziell wird den die Forstwirtschaft interessierenden Fragen eine besondere Beachtung gewidmet, wie gutes und schlechtes Holz schon dem äußeren Aussehen nach unterschieden werden könne, welche Umstände maßgebend seien für die Erzeugung guten oder schlechten Holzes und welche Maßnahmen der Forstwirtschaft zu Gebote stehen, um ein qualitativ wertvolles Holzmaterial zu erziehen.

Bisher liegt die Bearbeitung des Holzmaterials der Fichte in 3 Heften der Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs, „Untersuchungen über die Elastizität und Festigkeit der österreichischen Bauhölzer" vor, und zwar: Heft XXV, Fichte Südtirols, von A. Hadek und G. Janka, 1900; Heft XXVIII, Fichte von Nordtirol, vom Wienerwalde und Erzgebirge, von G. Janka, 1904; und Heft XXXV, Fichte aus den Karpathen, aus dem Böhmerwalde, Ternovanerwalde und den Zentralalpen. Technische Qualität des Fichtenholzes im allgemeinen, von G. Janka, 1909. Das letztgenannte Heft enthält eine Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse über die technischen Eigenschaften des Fichtenholzes überhaupt, ohne Trennung des Untersuchungsmaterials nach Wuchsgebieten; die wichtigsten Ergebnisse hieraus seien hier wiedergegeben. Bemerkt wird, daß sich die hierbei in Anwendung gekommenen Prüfungsmethoden mit nur geringen Abweichungen mit den Vorschriften des international festgestellten Arbeitsplanes für Holzuntersuchungen decken.

Janka rollt hiebei die ganze Frage über die Qualität des Holzes auf. Zunächst ist die Tatsache zu konstatieren, daß in neuerer Zeit die Forderung immer nachdrücklicher erhoben wird, daß die Forstwirtschaft bei Erziehung der Bestände nicht nur auf die Quantität, sondern auch auf die Qualität des Holzes Rücksicht nehmen müsse, wie dies auf der Versammlung des Internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten in Stuttgart 1906 und bei dem internationalen land- und forstwirtschaftlichen Kongreß zu Wien 1907, dann auch in den Aussprüchen von Cieslar-Wien, Schwappach-Eberswalde, C. Wagner-Tübingen und Martin-Tharandt u. a. zum Ausdrucke kam.

Da aber die Qualität eines Holzmaterials ein relativer Begriff ist und seitens der verschiedenen holzverarbeitenden Gewerbe eine verschiedene Auslegung findet, so ist man, wenn man die Qualität eines Holzmaterials ziffermäßig exakt feststellen will, genötigt, dieselbe im Sinne des das meiste Holz verbrauchenden Gewerbes, d. i. der Bautechnik, zu definieren; und für diesen Verwendungszweck sind eben die Festigkeitseigenschaften des Holzes vor allem maßgebend.

Die Untersuchungen J a n k a s über die technischen Eigenschaften des Fichtenholzes haben nun ergeben, daß die F e s t i g k e i t s e i g e n s c h a f t e n d e s H o l z e s m i t d e m s p e z i f i s c h e n G e w i c h t e Hand in Hand gehen, in der Art, daß mit steigendem spezifischen Trockengewichte diese Eigenschaften gleichsinnig ansteigen. Anderseits sinkt die Festigkeit bei gleichem spezifischen Gewichte mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalte des Holzes, so daß dieses Gesetz, welches in aller Schärfe zunächst für das Fichtenholz nachgewiesen wurde, zweifellos aber für alle Holzarten gilt, folgendermaßen formuliert werden kann: D i e F e s t i g k e i t s e i g e n s c h a f t e n d e s H o l z e s e i n e r u n d d e r s e l b e n H o l z a r t s t e i g e n b e i g l e i c h e m F e u c h t i g k e i t s g e h a l t e p r o p o r t i o n a l m i t s t e i g e n d e m s p e z i f i s c h e n G e w i c h t u n d b e i g l e i c h e m s p e z i f i s c h e n G e w i c h t m i t a b n e h m e n d e r F e u c h t i g k e i t. Feuchtigkeit, spezifisches Gewicht und Festigkeit stehen also untereinander in innigstem Kontakt, so daß eine gemeinschaftliche Abhandlung derselben notwendig ist.

Daß das spezifische Gewicht des Holzes mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalte ansteigt, ist selbstverständlich; aber dieses Wachsen des spezifischen Gewichtes mit dem Wassergehalte erfolgt nur in den unteren und obersten Stufen des Feuchtigkeitsgehaltes proportional; in dem Momente, in welchem das trockene Holz liquides Wasser aufnimmt, ändert sich der bis dahin geradlinige Verlauf der die Beziehungen zwischen spezifischem Gewicht und Feuchtigkeitsgehalt darstellenden Linie; es ist dies bei Feuchtigkeitsprozentsätzen von etwa 25—40% der Fall. Eine ähnliche, nur noch schärfer ausgeprägte Wendung der Diagrammlinie tritt auch bei der Darstellung der Beziehungen zwischen Feuchtigkeit und Druckfestigkeit ein. Die beigegebene Fig. 1 stellt dieses Gesetz der Abhängigkeit a) des spezifischen Gewichtes, b) der Druckfestigkeit vom Feuchtigkeitsgehalte für die verschiedenen Trockengewichtsstufen des F i c h t e n h o l z e s dar.

Da es bei der Variabilität sowohl des spezifischen Gewichtes als auch der Druckfestigkeit des Holzes einer bestimmten Holzart wünschenswert ist, diese Zahlenangaben untereinander vergleichbar zu machen, so sind dieselben auf einen e i n h e i t l i c h e n F e u c h t i g k e i t s p r o z e n t s a t z z u r e d u z i e r e n, und zwar gemäß internationaler Vereinbarung auf den Feuchtigkeitsprozentsatz von 15%, bezogen auf das Gewicht des absoluttrockenen Holzes.

Die dieser Reduktion dienenden Formeln sind für Fichtenholz ermittelt worden und lauten:

$$s_{15} = 1{,}02\ s_0 + 2.2 \quad \ldots \quad 1.$$
$$s_{15} = s_\varphi + [(0{,}00133\ s_0 + 0{,}147)\ (15 - \varphi)] \quad \ldots \quad 2.$$
$$\beta_{15} = 10{,}3\ s_{15} - 60 \quad \ldots \quad 3.$$
$$\beta_{15} = 10.5\ s_0 - 38 \quad \ldots \quad 4.$$
$$\beta_0 = 22.5\ s_0 - 200 \quad \ldots \quad 5.$$

Hiebei bedeutet

s_{15} das spezifische Gewicht, β_{15} die Druckfestigkeit beim Normalfeuchtigkeitsgehalte von 15%,

Figur 1.

s_φ das spezifische Gewicht, β_φ die Druckfestigkeit beim Feuchtigkeitsgehalte von φ%,

s_0 das spezifische Absoluttrockengewicht,

β_0 die Druckfestigkeit absoluttrockenen Holzes (also beim Feuchtigkeitsgehalte 0%), und zwar ist

s im 100fachen Werte,

β in kg/cm² für astfreie plattenförmige Druckproben ausgedrückt.

Aus dem Graphikon auf Seite 420 läßt sich noch folgendes erkennen: Je größer das spezifische Trockengewicht eines Holzes, desto weniger Wasser braucht dasselbe zur endgültigen Erreichung des wassersatten Zustandes. Daher sinken, z. B. bei verzögerter Trift, unter sonst gleichen Umständen, d. i. bei gleichem anfänglichen Feuchtigkeitsgehalte, die schwersten, also besten Hölzer zuerst unter.

Die Druckfestigkeit ist bei 0% Feuchtigkeit ein Maximum und fällt mit zunehmendem Wassergehalte zunächst rasch, bei höheren Feuchtigkeitsgraden (über 25 bis etwa 40%) langsamer, um sodann bis zum Wassersättigungszustande annähernd auf gleicher, sehr geringer Höhe zu verharren.

Je größer das spezifische Trockengewicht eines Holzes, desto größer ist die Zunahme der Druckfestigkeit nicht nur im absoluten, sondern auch im relativen Sinne genommen, so daß also der Qualitätsquotient $\frac{\text{Druckfestigkeit}}{\text{spezif. Gewicht}}$ für die schwereren, festeren Hölzer ein günstigerer wird als für die leichteren, schlechteren Hölzer der gleichen Holzart.

Aber nicht nur die Druckfestigkeit, sondern auch alle übrigen Eigenschaften der Elastizität und Festigkeit werden von der Feuchtigkeit und dem spezifischen Gewichte eines Holzes beeinflußt.

Die Abhängigkeit dieser Festigkeitseigenschaften vom Wassergehalte zeigt zunächst die nachstehende Tabelle XI.

Tabelle XI.

Abhängigkeit der Festigkeit des Fichtenholzes vom Feuchtigkeitsgehalte.

Feuchtigkeitszustand der Proben	Druckelastizität u. -Festigkeit					Biegungselastizität u. -Festigkeit				
	Wassergehalt	Spezifisch. Trockengewicht	Elastizitätsmodul	Tragmodul	Bruchmodul (Druckfestigkeit)	Wassergehalt	Spezif. Trockengewicht	Elastizitätsmodul	Tragmodul	Bruchmodul (Biegungsfestigkeit)
	%	100fach	t/cm²	kg/cm²	kg/cm²	%	100fach	t/cm²	kg/cm²	kg/cm²
lufttrocken	13.9	38.9	115.1	202	347	13.8	38.7	104.1	338	584
luftfeucht	17.0	36.7	99.1	200	283	19.3	36.9	89.1	263	496
naß	63.1	39.6	96.8	49	172	57.8	38.8	84.0	153	336

Aus dieser Tabelle ist die Abnahme der Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften bei zunehmender Feuchtigkeit klar ersichtlich; das gilt ganz besonders für den Tragmodul der Druck- und Biegungsfestigkeit, weniger stark werden die Elastizitätsmoduli vom Feuchtigkeitsgehalte beeinflußt.

Scharf ausgeprägt tritt das Abhängigkeitsverhältnis zwischen den Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften und dem spezifischen

Gewichte des Fichtenholzes unter gleichen Feuchtigkeitsverhältnissen hervor, wie die nachstehende Tabelle XII (S. 423) dies beweist.

Diese Tabelle zeigt, welch großen Einfluß das spezifische Gewicht auf die Festigkeitseigenschaften eines Holzes ausübt; es können in dieser Hinsicht Unterschiede in der Festigkeit zwischen leichtem, schlechtem und schwerem, gutem Holze bis zu 100 % konstatiert werden, so daß also ein qualitativ sehr gutes Holz eine fast doppelt so große Festigkeit aufweisen kann als ein schlechtes Holzmaterial derselben Holzart.

Für ein Fichtenholz mittlerer Qualität von 42.4 spezifischem Lufttrockengewicht (entsprechend einem Absoluttrockengewicht von 39.0) und von etwa 14.0 % Feuchtigkeitsgehalt ist nach Tabelle XII anzunehmen

ein Druckelastizitätsmodul von . . . . 115 t/cm²
ein Druck-Tragmodul von . . . . 200 kg/cm²
eine Druckfestigkeit (50 cm lange Prismen) von . . 347 kg/cm²
ein Biegungselastizitätsmodul von . . . . 104 t/cm²
ein Biegungs-Tragmodul von . . . . 338 kg/cm²
eine Biegungsfestigkeit von . . . . 584 kg/cm²

Bezüglich des Unterschiedes zwischen Kern- und Splintholz der Fichte haben die Untersuchungen Dr. Jankas ergeben, daß das Splintholz hinsichtlich der Festigkeit dem Kernholze nicht nur nicht nachsteht, sondern demselben sogar überlegen ist. Daß das Splintholz allgemein geringer geschätzt wird als das Kernholz, hat seine Ursache in dem höheren Feuchtigkeitsgehalte desselben, woraus natürlich bei unvollständiger Austrocknung eine geringere Festigkeit desselben gegenüber dem trockeneren Kernholze sich von selbst ergibt; dann aber auch in dem Umstande, daß das Splintholz zahlreiche Saftbestandteile, Eiweiß, Gummi, Stärke, Zucker etc. aufgespeichert enthält, die einen vorzüglichen Nährboden für holzzerstörende Pilze abgeben, weshalb Splintholz im feuchten Zustande von sehr geringer Dauer ist, im trockenen Zustande aber wieder von Holzbohrkäfern angegangen wird. Kernholz hat dagegen eine geringere Biegungsfestigkeit als Splintholz, es zeigt sich beim Biegeversuch spröder als letzteres. Dieser Umstand tritt besonders deutlich in der Arbeitskapazität von solchen Balken hervor, die „kerndurchschnitten" in der Art beansprucht werden, daß die Kernfasern in die Zugseite des Balkens fallen. Bei dieser unrichtigen Verlegungsweise der Fichtenbalken zeigt sich eine Verminderung der Biegungsfestigkeit um 8 %, der Biegungsarbeit beim Bruche um 40 % gegenüber der richtigen Beanspruchungsweise, bei welcher der Splint in die Zugseite des Balkens fällt.

Was nun die Beziehungen zwischen Jahrringbreite und den technischen Eigenschaften des Fichtenholzes anbelangt, so läßt sich der Erfahrungssatz der Praktiker, daß engringiges Fichtenholz qualitativ besser sei als breitringiges, in dieser allgemeinen Form nicht aufrecht erhalten; es kann in einzelnen Fällen ein recht breitringiges Holz größere Festigkeit aufweisen als ein sehr schmalringiges —, nur darf die Breitringigkeit eine gewisse Maximalgrenze nicht überschreiten. Maßgebend für die Höhe des spezifischen Gewichtes und damit gleichzeitig auch für die Festigkeit des Fichtenholzes ist lediglich der Umstand, ob das betreffende Holz einen hohen oder niedrigen Prozentsatz an festem, hartem, dicht gebautem und daher schwerem Spätholze aufweist. Die Festigkeit eines Holzes ist in erster Linie von dem Verhältnisse des Spätholzes zum Frühholze abhängig; dieses Verhältnis läßt sich auf der glatt gehobelten Hirnfläche einer Holzprobe schon mit freiem Auge beurteilen. Nichtsdestoweniger aber hat der oben erwähnte Satz

Tabelle XII.

Beziehungen der Festigkeit des Fichtenholzes zum spezifischen Gewicht.

Spezifisches Absoluttrockengewicht von — bis	Druckelastizität und -Festigkeit: Feuchtigkeitsgehalt	Spezif. Gewicht lufttrocken	Elastizitätsmodul	Tragmodul	Bruchmodul (Druckfestigkeit): Prisma lufttrocken	Platte lufttrocken	Platte absoluttrocken	Biegungselastizität und -Festigkeit: Feuchtigkeitsgehalt	Spezif. Gewicht lufttrocken	Elastische Durchbiegung pro 0.1 Tonne	Elastizitätsmodul	Tragmodul	Bruchmodul (Biegungsfestigkeit)	Deformationsarbeit b. Bruche
	%	100fach	t/cm²	kg pro 1 cm²				%	100fach	cm	t/cm²	kg/cm²		t/cm
31—32	14.4	34.6	93.2	215	287	324	535	13.2	34.0	0.1012	84.4	302	465	3.51
32—33	13.2	35.2	91.7	166	281	337	537	13.9	36.0	0.0971	87.3	292	474	3.24
33—34	14.1	36.7	97.2	203	305	344	577	14.0	37.2	0.0970	87.5	297	504	4.82
34—35	13.9	38.2	98.6	179	305	357	606	14.3	37.9	0.0915	92.2	287	517	4.84
35—36	14.1	39.0	99.1	176	310	362	635	14.1	39.3	0.0934	91.2	293	513	4.11
36—37	14.0	40.9	106.2	166	321	381	665	14.2	40.5	0.0894	94.7	302	511	4.32
37—38	13.8	41.2	107.0	176	326	391	670	13.8	40.9	0.0846	100.6	328	556	5.05
38—39	13.5	42.2	109.8	198	336	396	681	13.6	42.4	0.0844	100.5	325	514	4.42
39—40	13.8	43.2	115.1	212	354	410	721	13.6	43.2	0.0776	109.2	315	631	6.36
40—41	13.7	44.0	120.1	189	354	424	761	13.2	43.8	0.0776	110.1	372	594	4.83
41—42	13.5	44.7	132.2	260	402	458	792	13.5	44.6	0.0749	113.2	399	677	7.53
42—43	13.6	46.0	128.6	230	388	456	811	13.4	45.9	0.0745	114.9	376	668	6.55
43—44	14.7	46.9	136.7	252	398	460	844	13.4	46.9	0.0673	125.8	413	713	7.01
44—45	14.6	47.7	143.9	230	414	475	880	13.8	47.6	0.0675	125.9	413	699	6.23
45—46	14.5	48.5	144.5	221	428	487	902	13.8	48.2	0.0661	128.8	389	783	9.01
46—47	—	—	—	—	—	—	—	13.5	50.6	0.0775	109.3	402	672	6.31
47—48	14.1	50.5	155.0	271	414	490	910	12.9	50.7	0.0613	137.7	401	801	9.11
48—49	15.0	51.6	168.1	335	451	526	999	12.5	52.1	0.0623	135.4	428	728	4.59
49—50	14.6	53.1	118.6	213	440	538	997	13.0	53.2	0.0654	129.3	302	652	5.94
50—51	12.9	53.8	162.2	189	443	518	939	13.9	55.5	0.0635	129.2	350	541	2.57
51—52	14.6	54.0	171.4	259	460	533	967	14.3	55.1	0.0563	150.3	520	871	12.16
52—53	—	—	—	—	—	—	—	15.1	55.1	0.0549	155.5	547	816	7.32
Mittel	13.9	42.1	115.1	202	347	406	713	13.8	42.2	0.0830	101.1	338	584	5.35

der Forstleute, Holzarbeiter und Holzhändler, welcher die Güte eines Fichtenholzes (überhaupt eines Nadelholzes) nach der bloßen Jahrringbreite beurteilt, im großen Durchschnitte seine Gültigkeit, weil die Breite der Spätholzzonen beim Nadelholz sowohl bei eng- als bei weitringigem Holze im allgemeinen ziemlich konstant bleibt, und nur die Frühholzzonen bei breitringigem Holze in ihrer Breite wachsen.

Aus der großen Zahl von Einzelproben des Fichtenholzes aus den verschiedensten Wuchsgebieten Oesterreichs hat Janka folgende Zahlen für Jahrringbreite, spezifisches Gewicht und Druckfestigkeit abgeleitet:

Jahrringbreite	Spezif. Gewicht (100fach)		Druckfestigkeit	
	lufttrocken	absoluttrocken	lufttrocken	absoluttrocken
0,5—1,0 mm	44,9	41,7	397 kg/cm²	743 kg/cm²
1,0—1,5 ,,	44,3	41,3	395 ,,	729 ,,
1,5—2,0 ,,	43,1	40,2	386 ,,	708 ,,
2,0—2,5 ,,	41,9	38,9	364 ,,	666 ,,
2,5—3,0 ,,	41,3	38,4	353 ,,	647 ,,
3,0—3,5 ,,	39,9	37,0	339 ,,	622 ,,
3,5—4,0 ,,	40,2	37,2	342 ,,	619 ,,
4,0—4,5 ,,	39,1	36,0	314 ,,	581 ,,
4,5—5,0 ,,	40,2	36,8	308 ,,	554 ,,
über 5,0 ,,	38,1	34,9	306 ,,	510 ,,

Im Mittel ergab sich für das Fichtenholz Oesterreichs eine Jahrringbreite von 2,2 mm, ein spezifisches Absoluttrockengewicht von 39,6 (entsprechend einem spezifischen Lufttrockengewicht bei 15 % Feuchtigkeit von 42,6), eine Druckfestigkeit lufttrocken von 348 kg/cm², absoluttrocken 687 kg/cm².

Neben der Jahrringbreite ist aber auch die Art der Anlagerung der einzelnen Jahrringe, also die Gleichmäßigkeit oder Ungleichmäßigkeit in der Breite der aufeinanderfolgenden Jahrringe für die Güte eines Holzmaterials von Bedeutung. Das Ideal, welches dem Forstwirte bei der Erziehung seiner Bestände vorschweben muß, ist eine durchaus gleiche Jahrringbreite vom innersten Kern bis zum äußersten Splint, eine Forderung, welche Prof. Martin in seinem Gesetz von der Erhaltung gleicher Ringbreiten formuliert hat und zu deren Erreichung er für die Erziehung der Fichte einen dichteren Stand in der Jugend beziehungsweise die natürliche Verjüngung unterm Schirmbestand der Mutterbäume, in der Folge allmählich und schwach beginnende und immer stärker werdende Durchforstungen und schließlich im späteren Alter der Bestände ausgiebige Lichtungen vorschlägt.

Eine der wichtigsten Forderungen, die an die Beschaffenheit eines Holzmaterials gestellt werden, ist die Astreinheit. Astreines Holz wird nun zwar stets ein frommer Wunsch des Baugewerbes bleiben; aber die Astigkeit auf das möglichst geringe Maß herabzudrücken und den Baumschaft möglichst astfrei zu erziehen, das muß die Forstwirtschaft als Ideal unter allen Umständen anstreben. Das Mittel, möglichst astfreies Holz zu erziehen, beruht in der guten Schlußregelung der Bestände, besonders der Nadelhölzer. Glücklicherweise treffen die Bedingungen, unter welchen ein qualitativ wertvolles, festes Fichtenholz erwächst, mit jenen Bedingungen zusammen, unter welchen ein astreines Holz zu erwachsen pflegt; es ist dies der engere Schluß der Nadelholzbestände schon von Jugend an.

Die Qualität des Fichtenholzes ist aber auch vom Alter der Stämme abhängig, in der Weise, daß junge Stämme ein geringeres spezifisches Gewicht und

daher eine geringere Festigkeit des Holzes besitzen als ältere Stämme. Nach den Untersuchungen Jankas hatten Fichtenstämme

von 50—60jährigem	Alter ein spezif. Trockengewicht von	36,6
60—70	,, ,, ,, ,, ,, ,,	36,9
70—80	,, ,, ,, ,, ,, ,,	38,5
80—90	,, ,, ,, ,, ,, ,,	39,1
90—100	,, ,, ,, ,, ,, ,,	39,2
100—110	,, ,, ,, ,, ,, ,,	38,8
110—120	,, ,, ,, ,, ,, ,,	39,9
120—130	,, ,, ,, ,, ,, ,,	42,4
130—140	,, ,, ,, ,, ,, ,,	39,6

Ueberalte Stämme zeigen daher wieder eine Abnahme in der Qualität ihres Holzes, aus dem Grunde, weil diese überständigen Stämme aus den Hochlagen der Alpen stammten, wo die Fichte bei der kurzen Vegetationszeit zwar ein sehr feinringiges, aber ein etwas leichteres, wenig Spätholz umfassendes Holz bildet.

Wenn man berücksichtigt, wie sehr die Festigkeit eines Holzmaterials durch den Feuchtigkeitsgehalt und das spezifische Gewicht beeinflußt wird, so erscheint es gerechtfertigt, daß die für Baukonstruktionen bisher in Anwendung stehenden Festigkeitskoeffizienten in der Hinsicht einer Revision unterzogen würden, daß für schweres und festes Holz einerseits, für leichtes und schlechtes Material anderseits, dann auch für die Verwendung von Holz in stets trockenen und in stets feuchten Räumen oder ganz unter Wasser verschiedene Festigkeitskoeffizienten den statischen Berechnungen von Baukonstruktionen zugrunde gelegt würden. Gutes, schweres, tragfähiges Holz verdient in jeder Beziehung den Vorzug vor leichtem, schlechtem, leichtbrüchigem Holzmaterial. Diesem Umstande sollten auch die Techniker und die Baugewerbe Rechnung tragen, indem sie für gutes Holz bessere Preise bewilligen als für schlechtes. Unter dieser Voraussetzung würden sich auch die Forstwirte bei der Begründung und Erziehung ihrer Waldbestände veranlaßt sehen, nicht so sehr auf Massenerzeugung als vielmehr auf die Erziehung qualitativ wertvollen Holzmaterials hinzuwirken.

§ 38. Ueber die technische Qualität des Eschenholzes und die Eigenschaften, welche dieses Holzmaterial für die Verwendung bei der Fabrikation von Skis, den norwegischen Schneeschuhen, aufweisen soll, hat Forstmeister Dr. Janka eine Abhandlung im Zentralblatt für das gesamte Forstwesen 1911 publiziert. Auch bei diesem Holzmaterial ergaben sich ähnlich wie beim Fichtenholze große Verschiedenheiten in der Qualität, so daß die zahlenmäßigen Werte der Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften für schlechtestes und bestes Eschenholz um 100 und mehr Prozent auseinanderliegen. Wie nicht anders zu erwarten, gilt auch für das Eschenholz das gleiche Gesetz der Abhängigkeit der Festigkeit vom Feuchtigkeitsgehalte und dem spezifischen Gewichte wie für Fichtenholz. Wenn sich hie und da in den Tabellen der technischen Eigenschaften des Eschenholzes Unregelmäßigkeiten im Verlauf dieser Eigenschaften geltend machen, so kann dieser Umstand bei der komplizierten Natur des Holzes und dem organischen Aufbau desselben nicht wundernehmen; auch war das diesen Untersuchungen zugrunde liegende Material nicht umfangreich genug, um etwaige Ausnahmen auszugleichen.

Wir geben in der nachstehenden Tabelle XIII die Ergebnisse der Qualitätsuntersuchungen des Eschenholzes auszugsweise wieder.

Tabelle XIII.

Abhängigkeit der Festigkeit des Eschenholzes vom spezifischen Gewichte und von der Feuchtigkeit.

Biegeproben						Druckproben (Würfel)				Härteproben
						Spezif. Gewicht		Druckfestigkeit		
Jahrringbreite	Feuchtigkeitsgehalt	Spezifisch. Gewicht lufttrocken oder luftfeucht	Elastizitätsmodul	Tragmodul	Bruchmodul (Biegungsfestigkeit)	lufttrocken oder luftfeucht	absolut trocken	lufttrocken oder luftfeucht	absolut trocken	Härte lufttrocken od. luftfeucht
mm	%	100fach	t/cm²	kg/cm²		100fach		kg/cm²		kg/cm²
I. Lufttrockener Zustand.										
0.6	11.5	50.3	67.0	249	636	51.0	47.4	394	639	476
1.2	11.2	58.5	84.3	322	846	60.0	55.8	462	787	574
2.0	11.3	63.4	106.9	385	1010	64.8	60.8	454	975	630
8.8	11.1	65.5	74.6	362	945	66.8	62.5	500	857	716
1.6	11.4	68.6	117.0	460	1239	69.9	65.5	588	1036	612
1.8	11.8	70.0	148.5	588	1029	72.7	68.6	649	1138	628
2.4	11.5	71.8	139.7	571	1258	74.2	70.3	609	1158	744
1.9	12.0	77.5	160.0	579	1382	79.7	75.8	634	1222	828
1.8	11.6	84.0	167.4	750	1563	86.7	82.2	759	1352	1012
4.0	11.8	88.7	151.8	589	1500	91.0	86.1	770	1312	1066
Mittel	11.0	70.9	110.0	465	1133	72.6	68.3	566	1007	746
II. Luftfeuchter Zustand.										
0.6	16.6	50.5	54.6	243	571	50.8	45.9	275	587	340
1.3	17.4	62.8	74.4	284	698	63.4	57.0	368	822	502
1.2	17.0	70.6	100.6	287	764	71.9	66.3	362	1000	512
2.9	18.4	77.1	99.9	532	882	78.4	73.0	439	1169	628
1.9	16.5	87.0	153.1	509	1250	90.1	84.7	592	1485	872
Mittel	17.3	69.7	91.3	337	837	71.2	65.6	398	992	573

Man ersieht aus dieser Tabelle, daß auch hier die Jahrringbreite für sich allein nicht maßgebend ist für die Qualität des Eschenholzes, da sowohl sehr engringiges als auch übermäßig breitringiges Holz minderwertig ist. Ausschlaggebend ist auch hier wieder das Verhältnis des Spätholzes zum Frühholze. Je mehr Spätholz die Querschnittsfläche aufweist, und je schmäler die porenreichen Frühholzzonen sind, desto schwerer das Eschenholz, desto besser die technische Qualität desselben. Allerdings darf die Wuchsgeschwindigkeit des Holzes eine gewisse Grenze nicht überschreiten, weil bei sehr breiten Jahrringen ein lockeres, wenig festes Spätholz entsteht.

Maßgebend für die Eignung eines Eschenholzes zu Skischienen sind neben der Zähigkeit des Materials noch die Festigkeit gegen Biegebruch, die Steifigkeit, die sich in der Größe des Elastizitätsmoduls ausdrückt, und die Härte, die wiederum mit der Abnützbarkeit beim Gleiten über den Schnee Hand in Hand geht; alle diese Eigenschaften gehen mit dem spezifischen Gewichte parallel. In diesem Sinne ist also dem schweren, daher harten und festen Eschenholze vor dem leichten der Vorzug einzuräumen. Ein größerer Feuchtigkeitsgehalt vermindert sämtliche Festigkeits-Eigenschaften des Holzes, wie Tabelle XIII dartut; nur die Zähigkeit wird durch höheren Wassergehalt des Holzes erhöht.

Die Esche produziert ihr bestes Holz nicht im gedrängten Schlußstand wie die Nadelhölzer, sondern unter möglichst hohem Lichtgenuß, also im Freistand oder an Bestandesrändern und in lichten Auwaldungen, offenbar weil die Beanspruchung des Baumschaftes durch den Wind den Baum veranlaßt, ein gegen Biegung und Bruch

möglichst widerstandsfähiges Holz zu bilden. Junges Eschenholz ist zäher als altes, das braune Kernholz spröder als das weiße Splintholz.

§ 39. Die Frage, wie sich die Druckfestigkeit von Hölzern, welche im Wasser ausgelaugt worden waren, gegenüber der Druckfestigkeit von ungeschwemmten Hölzern verhält, hat Janka zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht [1]) und dabei gefunden, daß die Auslaugung im Süß- und Salzwasser eine Verminderung der Druckfestigkeit des lufttrockenen (nach der Wassertränkung wieder lufttrocken gewordenen) Holzes zur Folge hat, daß also ungeschwemmtes Holz die geschwemmten Hölzer in der Druckfestigkeit des lufttrockenen Zustandes übertrifft, während andererseits die Druckfestigkeit des im absoluttrokkenen Zustande geprüften Holzes bei dem im Salzwasser ausgelaugten Holzmaterial höher ist als die gleiche Druckfestigkeit der unausgelaugten und der im Süßwasser geschwemmten Hölzer, wie dies die nachstehende Tabelle XIV zeigt.

Tabelle XIV.

Druckfestigkeit geschwemmten und ungeschwemmten Holzes.

Holzart	Ungeschwemmtes Holz			In Süßwasser geschwemmtes Holz			In Salzwasser ausgelaugtes Holz		
	Spezifisches Gewicht lufttrocken	Druckfestigkeit lufttrocken	Druckfestigkeit absoluttrocken	Spezifisches Gewicht lufttrocken	Druckfestigkeit lufttrocken	Druckfestigkeit absoluttrocken	Spezifisches Gewicht lufttrocken	Druckfestigkeit lufttrocken	Druckfestigkeit absoluttrocken
	100fach	kg/cm²	kg/cm²	100fach	kg/cm²	kg/cm²	100fach	kg/cm²	kg/cm²
Fichte	43.2	443	722	43.9	435	762	43.7	412	809
Tanne	41.9	409	654	43.1	417	700	44.3	402	789
Weißkiefer	50.8	477	760	49.5	430	704	54.2	463	872
Lärche	59.4	589	1035	62.3	563	1032	60.5	565	1175
Rotbuche	74.6	650	1144	74.2	621	1118	76.1	604	1260
Eiche	73.9	608	986	70.6	530	957	75.9	574	1069
Ulme	67.2	571	953	66.3	501	953	66.4	500	1110
Ahorn	64.6	579	979	65.2	541	917	65.9	571	1090
Nuß	61.5	539	938	64.9	467	822	61.0	480	858

§ 40. 2. Biegsamkeit und Zähigkeit. Es wurde schon weiter oben auseinandergesetzt, daß Biegsamkeit und Zähigkeit, als Arbeitseigenschaften aufgefaßt, jene Beschaffenheit gewisser Hölzer bedeuten, welche eine dauernde Formveränderung ohne Herbeiführung eines Bruches zulassen. Dabei muß die Elastizitätsgrenze überschritten werden, ohne daß man sich deshalb schon gar zu sehr der Bruchgrenze nähert. Die Voraussetzung für die Anwendung von Biegsamkeit und Zähigkeit ist nämlich die, daß selbst bei beträchtlichen permanenten Ausdehnungen oder Zusammendrückungen der Substanz eine Ueberwindung der Kohäsion nicht stattfindet. Es muß also der Festigkeitsmodul (Bruchmodul) von dem Tragmodul ziemlich entfernt liegen, mit anderen Worten, der Spielraum zwischen Bruchgrenze und Elastizitätsgrenze ein beträchtlicher sein. Der Gegensatz von biegsam oder zähe ist brüchig oder spröde.

Um den Begriff der Biegsamkeit im Sinne einer Arbeitseigenschaft, also der Grundlage für eine formumstaltende produktive Tätig-

1) Mitteilungen aus dem forstl. Versuchswesen Oesterreichs. Die Einwirkung von Süß- und Salzwässern auf die gewerblichen Eigenschaften der Hauptholzarten.

keit, von jener Biegsamkeit bezw. Zähigkeit zu unterscheiden, welche jedes Material innerhalb der Elastizitätsgrenze besitzt und als Grundlage der bautechnischen Verwendung S. 404 dieser Abhandlung erörtert wurde, wäre es zweckmäßig, das Wort „Biegsamkeit" im ersteren Sinne durch die Bezeichnung „Bildsamkeit" zu ersetzen.

Ein erhöhter Grad der Biegsamkeit oder, wie wir sie zu bezeichnen vorschlagen, der Bildsamkeit ist die „Zähigkeit". Man verbindet mit diesem Ausdrucke die Vorstellung, daß ein Holz, welches schon in einzelnen Teilen bis über die Bruchgrenze hinaus in Anspruch genommen wurde, doch noch ein großes Maß von Widerstandsfähigkeit gegen die vollständige Trennung des Körpers in zwei oder mehrere Teile entgegensetzt. Die Bildsamkeit sowohl als die Zähigkeit ist bei den Hölzern im grünen Zustande meist größer als im halb- oder völlig trockenen Zustande. Der im frischen Holze vorhandene größere Vorrat an Wasser steigert die Bildsamkeit und Zähigkeit des Materials. Daher kommt es auch, daß die Behandlung des trockenen Holzes mit Wasser oder Dampf gewöhnlich zu einer Steigerung von Bildsamkeit und Zähigkeit führt. Wird das Holz mit warmem Wasser, warmer Leimlösung oder Dampf behandelt, so wirkt die höhere Temperatur gleichfalls günstig im Sinne einer Steigerung der in Rede stehenden Eigenschaften. Die Bildsamkeit und Zähigkeit werden daher, falls sie die Grundlage einer industriellen Benützung des Holzes darstellen, zumeist durch Anwendung von Feuchtigkeits- und Wärmezufuhr erhöht. Interessant ist die Tatsache, daß, wie W. Fr. Exner nachgewiesen hat, das gedämpfte und durch den Biegeprozeß gestauchte Rotbuchenholz eine Erhöhung seiner rückwirkenden Festigkeit erfährt.

Das Biegen von stabförmigen Holzkörpern zum Zwecke, geraden Stäben eine gekrümmte Gestalt, oder gekrümmten Körpern eine geradlinige Form zu geben, ist ein Verfahren, welches seit langer Zeit bei verschiedenen Gewerben in Uebung steht. Die Zurichtung von Spazier-, Regenschirm-, Sonnenschirm-, Fischangelstöcken usw. usw. wird seit Jahrhunderten praktiziert. Das Biegen von Radfelgen ist gleichfalls ein altes Verfahren. Schon im Jahre 1810 wird berichtet, daß in Vorarlberg Radfelgen in einem Stücke aus gebogenem Holze angefertigt wurden. Melchior Fink in Bregenz suchte im Jahre 1820 um ein Privilegium für aus gebogenem Holze angefertigte Radfelgen an. Dem im Privilegiums-Archive liegenden Gesuche Finks, das im Jahre 1821 erledigt wurde, ist das Gutachten der Professoren Arzberger und Prechtl beigeschlossen, welches dahin geht, daß Finks Produkt, als neu und wichtig, privilegierbar erscheine. Fink verwendete für diese Radfelgen Eschenholz und nach einer beglaubigten Mitteilung waren solche von Fink gefertigte Radfelgen noch in den letzten 1860er Jahren in Vorarlberg im Gebrauch, was auf eine außerordentliche Dauerhaftigkeit dieser Produkte hinweist.

Die Idee, das Holz durch Biegen in zu gewissen Zwecken verwendbare Formen überzuführen, hat den großartigsten Erfolg in einem modernen Zweige der Möbelindustrie errungen. Der Rheinpreuße Michael Thonet hat mit bewunderungswürdiger Ausdauer und großem technischen Geschick das Verfahren des Holzbiegens zum Zwecke der Herstellung von Möbeln so weit ausgebildet, daß es heute das Arbeitsprinzip einer großen, weit verzweigten, die Verwertung der Rotbuchenholzbestände merkbar beeinflussenden Industrie (sog. Bugmöbel- oder Wiener Möbel-Industrie) geworden ist. Das Thonetsche Verfahren besteht der Hauptsache nach in der Behandlung des Rotbuchenholzes mit Dampf, in dem Biegen des gedämpften Holzes in Formen, endlich in der Sicherung der auf der konvexen Seite der gekrümmten Holzteile liegenden Faserbündel-Gruppen gegen das Abreißen während der Bie-

gung, sodann in entsprechender Behandlung in Trockenkammern[1]. Thonet hat auch die Erzeugung von Radfelgen aus gebogenem Holze wieder aufgenommen, und selbst Räder für Kanonen-Lafetten und sonstige dem Kriegsdienste zugehörige Fuhrwerke erhielten Radfelgen aus gebogenem Holze. Bei Luxus-Fuhrwerken haben die gebogenen Radfelgen aus Hickory-Holz (Carya alba, amerik. Weißnußbaum) eine große Verbreitung erlangt. Das gleiche Verfahren findet heute auch Anwendung bei der Fabrikation von Rodelschlitten, Kummethölzern, den norwegischen Schneeschuhen (Ski) u. dgl., wobei in erster Linie Eschenholz Verwendung findet.

Holzplatten nach verschiedenen Verfahren gebogen, so daß sie gewölbte Flächen darstellen, finden beim Bau von Schiffen, Wagenkasten usw. mannigfaltige Verwendung.

Die Bildsamkeit und Zähigkeit spielen eine ganz besonders wichtige Rolle auch in dem Falle, daß dünne Stäbe, Späne oder Fäden, aus Holz angefertigt, zu geflochtenen und gewebten Körpern vereinigt werden. Die ganze Korbflechterei und Holzweberei (Sparterie), sowie die Herstellung von Gegenständen aus Holzgeweben haben als Voraussetzung einen hohen Grad von Bildsamkeit und Zähigkeit des Rohstoffes. Die Weidenruten im ganzen oder in der Form des gespaltenen, bezw. gehobelten Spanes, ferner Fichten- und Föhrenwurzeln, ganz oder gespalten, Späne von Fichten-Stammholz, Spältlinge von Bambus, das spanische Rohr, der Bast von verschiedenen Holzpflanzen und diverse Gräser bilden die Hauptgattungen von Flechtmateriale, zu denen das Stroh, die Piasava und andere Pflanzenteile in Konkurrenz treten.

Dünne und schmale Späne von Aspenholz bilden den Rohstoff der Holzweberei (Sparterie).

Die Verwendung des Holzes zu Faßreifen, ferner die sogenannten Bandweiden und endlich die in der Flößerei verwendeten Wieden sind Beispiele für die Anwendung biegsamer und zäher Hölzer.

§ 41. Eine wissenschaftliche Bestimmung der Bildsamkeit und der Zähigkeit ist bisher in befriedigender Weise für das Holz nicht vorgeschlagen worden[2]. Die einschlägigen Versuche von Karmarsch und Nördlinger befriedigen nicht.

Am ehesten gewährt noch die von Tetmajer in die Materialprüfungstechnik eingeführte Arbeitskapazität der Biegungsfestigkeit, deren Begriff und Ermittelung schon Seite 404 auseinandergesetzt wurde, einen Anhaltspunkt für die Zähigkeit oder Sprödigkeit eines Holzmaterials. Je langgestreckter das Biegungsdiagramm ausfällt, je größer also die Durchbiegung nach Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze, desto zäher das Holz. Holzproben, die bei der Biegeprobe bald nach Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze brechen, sind als spröde anzusehen. In diesem Sinne zeigt in Fig. 2 das Diagramm des Probestabes 18 a (oben — Stab aus norwegischem Eschenholze) ein äußerst zähes, das Diagramm 5 c (links unten — von einer sehr engringigen Esche aus der Bukowina herrührend), ein

---

1) Siehe „Das Biegen des Holzes", ein für Möbelfabrikanten, Wagen- und Schiffbauer wichtiges Verfahren. Mit besonderer Rücksichtnahme auf die Thonetsche Industrie von Prof. Dr. W. F. Exner. Dritte neubearbeitete und erweiterte Auflage von Prof. Georg Lauboeck, Weimar 1893.

2) Unter den wenigen Arbeiten über „Bildsamkeit" bei anderen Rohstoffen sind bemerkenswert jene von Kick und Hugo Fischer. (Kick, Das Gesetz der proportionalen Widerstände. Leipzig 1885; Hugo Fischer, Beitrag zur mechanischen Untersuchung plastischer Körper, „Zivil-Ingenieur" XXXI. Band. 7. Heft.)

sehr sprödes Holz an. Natürlich kann man diese Diagramme nur dann untereinander vergleichen und einen Schluß auf die Zähigkeit oder Sprödigkeit des betreffenden Holzmaterials ziehen, wenn sie von Stäben gleicher Länge und gleichen Querschnitts gewonnen wurden; dies ist bei den Diagrammen der Fig. 2 der Fall; die betreffenden Eschenholzstäbe hatten 4 × 4 cm Querschnitt und eine freie Auflage bei der Biegeprobe von 58 cm.

Schwieriger gestaltet sich die Sache, wenn man die Eigenschaft der Zähigkeit ziffermäßig ausdrücken soll. Hiezu würde sich auf Grundlage der Biegeprobe und immer unter der Voraussetzung gleich dimensionierter Probekörper der Quotient aus der Durchbiegung und der Belastung in dem zwischen Elastizitäts- und Bruchgrenze gelegenen Teile der Biegungsarbeit eignen, also der Quotient $\frac{D-d}{P-p}$, wenn

unter d die Durchbiegung } an der Elastizitätsgrenze,
p die Belastung }
unter D die Durchbiegung } beim Bruche
P die Belastung }

zu verstehen ist.

Figur 2.

Nachdem die international vereinbarten Vorschriften für die Holzprüfungen ganz bestimmte Dimensionen für die Biegestäbe vorschreiben (10 × 10 cm Querschnitt und 1,5 m Stützweite), beziehungsweise die Reduktion der Biegungsarbeit von im Querschnitt anders dimensionierten Biegebalken auf den Normalquerschnitt von 10 × 10 cm fordern, so würde die hier vorgeschlagene Ermittlung des ziffermäßigen Ausdruckes der Zähigkeit ohne weiters möglich sein.

Nach den Untersuchungen Jankas ergibt sich dieser Zähigkeitskoeffizient aus einer großen Zahl von Einzelproben

für Fichtenholz	lufttrocken . . .	zu 1,73
	feucht	zu 2,50
	naß	zu 3,53
für Lärchenholz	lufttrocken . . .	zu 1,26
	naß	zu 2,35

Diese Zahlen zeigen zunächst die Erhöhung der Zähigkeit mit dem Steigen des Wassergehalts im Holze, dann aber auch die bedeutend größere Zähigkeit des Fichtenholzes gegenüber dem Lärchenholze.

Mit den nachfolgenden Ausführungen berühren wir bereits das Gebiet jener technischen Eigenschaften der Hölzer, welche mit einer Aufhebung des Zusammenhanges der Substanz verbunden sind.

Die größere oder geringere Zähigkeit eines Holzmaterials läßt sich nach den Bruch erscheinungen bei der Biegeprobe beurteilen; je nachdem die gespannten Fasern an der Zugseite des auf Biegung beanspruchten Balkens plötzlich in einer mehr oder weniger geraden, quer zur Faserrichtung gestellten Linie — oder allmählich unter teilweisem Zerreißen einzelner Faserbündel in einzelnen Splittern abreißen, unterscheidet man einen glatten und einen splittrigen Bruch, zwischen welchen Bruchformen noch ein zackiger Bruch unterschieden werden kann. Ein glatter Bruch deutet auf ein sprödes, ein splittriger Bruch auf ein zähes Holz hin. Manche Laubhölzer, z. B. nasses Eschenholz, sind bei der Biegeprobe überhaupt nicht zum Bruche zu bringen; hierauf beruht ja, wenigstens zum Teile, die Industrie, Stabhölzer zu Möbelbestandteilen, zu Radfelgen, Schlittenkufen u. dgl. im gedämpften Zustande zu biegen (Thonetsche Bugmöbel).

Es hat sich gezeigt, daß die Biegungseigenschaften beispielsweise beim Fichtenholz tatsächlich mit der Form des Biegebruches in Zusammenhang stehen, und zwar ist ein glatter Bruch mit einem niedrigen Elastizitäts-, Trag- und Bruchmodul und kleiner Deformationsarbeit verbunden, während ein splittriger Bruch mit einem Maximum aller dieser Eigenschaften einhergeht, wie die nachfolgende Tabelle für Fichtenholz zeigt.

Tabelle XV.

Form des Biegebruches	Biegungseigenschaften					
	Elastische Durchbiegung pro 0.1 t	Elastizitätsmodul	Grenz-(Trag-)modul	Biegungsfestigkeit	Deformationsarbeit beim Bruche	Quotient Deformationsarbeit / Durchbiegung beim Bruche
	cm	Tonnen pro 1 cm²			t/cm	
glatt	0.0890	98.0	0.323	0.565	4.95	1.53
zackig	0.0843	102.2	0.339	0.593	5.45	1.64
splittrig	0.0769	111.9	0.376	0.648	6.90	1.91

Wenn es sich um die Verwendung eines Holzmaterials zu Bauholz und speziell zu Tragbalken handelt, die auf Biegung beansprucht werden, würde also ein Probeholz mit glattem Bruch eine schlechte, ein solches mit splittrigem Bruch eine gute Qualität anzeigen. Hier sei speziell des sog. Rotholzes der Nadelhölzer gedacht, welches an Stämmen (und zwar an der dem Winde abgewandten Seite) entsteht, die ständig unter Windanprall zu leiden haben. Solches Holz zeigt sich sehr spröde, es bricht bei Ueberlastung glatt ab; dahingegen zeigt das an solchen freistehenden Stämmen an der Windseite gebildete engringige Holz einen doppelt so großen Biegungselastizitätsmodul wie das Holz der andern breitringigen Seite.

§ 42. 3. In der Regel sollen nun zwar Bau- und Konstruktionshölzer höchstens bis zur Elastizitäts-, nicht aber bis zur Bruchgrenze beansprucht werden; solche Fälle

der Ueberlastung kommen aber ausnahmsweise doch vor, z. B. bei den Verzimmerungen in Bergbaubetrieben.

Die Bergbautechniker sprechen in dieser Hinsicht von einer Eigenschaft des Holzes, die mit der Zähigkeit oder Sprödigkeit und der Art des Biegebruches indirekt zusammenhängt; es ist dies die sog. Warnfähigkeit des Holzes. Unter einem „warnfähigen" Holz ist jenes Holzmaterial zu verstehen, welches bei einer etwaigen Ueberlastung vor dem Abbrechen knistert, nur allmählich zum Bruche kommt und daher die Bergleute „warnt", auf der Hut zu sein, demzufolge derartig überlastete Konstruktionshölzer der Bezimmerung rechtzeitig ausgewechselt werden können; dies trifft bei jenem Holzmaterial zu, welches einen splitterigen Bruch zeigt; ein mit plötzlichem, also in der Regel glattem Bruch brechendes Holz kann in dieser Hinsicht durch Gefährdung der in der Grube beschäftigten Arbeiter gefährlich werden.

§ 43. Die Erfahrungen, welche die Holzhauer und die holzverarbeitenden Gewerbe bezüglich der Zähigkeit des Holzes und ihrer Kennzeichen schon seit altersher gemacht haben, hat Nördlinger in folgende Sätze zusammengefaßt:

„Nach einem alten und jedenfalls für Buchen, Eichen und noch andere Holzarten richtigen Satz erzeugt nasser Boden sprödes Holz, nur trockener oder mäßig feuchter zähes."

„Zähe Hölzer sind in der Regel an der großen Faserigkeit kenntlich, die sie beim Abreißen, und, (wenigstens Weichhölzer), an dem faserigen, wie man sagt wolligen Schnitt, den sie beim Durchsägen zeigen. Erst mit der Verwitterung der Fasern tritt auf solchen Schnitten das eigentliche Gefüge an den Tag."

„Wurzel- und Stockholz sind zäher als Stammholz. Der Stock soll zäher sein, als das Zopfende. Das Astholz bei Eichen, Linden, Erlen, Kiefern gilt für spröder als das Stammholz. Bei der Birke wird das Umgekehrte angenommen, wie auch bei der Fichte; ob bei letzterer mit Recht in gleichem Grade, mag dahingestellt bleiben. Das zäheste Holz liefern die jungen Triebe der Flechtweiden (Salix viminalis, purpurea, caspica, amygdalina etc.), Schlingstrauch, Hasel, Birke, Ulme, Waldrebe, Hainbuche, Maßholder, Eibe, Esche, Aspe."

„Mit dem Alter und Krankheiten verliert das Holz der Stämme seine Zähigkeit mehr und mehr, ja schon an angehend haubaren Stämmen von Nußbaum und Eiche ist der Splint zäher als der Kern. Ebenso, und auf der Drehbank wohl fühlbar, beim Perückenstrauch. Bei der starken Föhre auf passendem Boden erhöht der große Harzgehalt die Zähigkeit, wie auch schon am einzelnen Jahresring der äußere harzreichere Teil der zähere, beim Abreißen faserigere ist. Föhren, die auf unpassendem Boden stehend, kein Kernholz bilden, verhalten sich wie Fichten und Tannen und haben das zähere Holz gegen außen, wo die Jahresringe schmäler und relativ harzreicher sind."

„Das Verhältnis der Zähigkeit von Splint und Kern oder Reifholz sieht man häufig schon sehr deutlich an der verschiedenen Faserigkeit auf Hiebsflächen an Stöcken. Man muß sich aber bei der Beurteilung immer vergegenwärtigen, daß der Splint saftreicheres und dadurch schon im grünen Zustande zäheres Holz sein muß."

„Abgewelktes Holz gilt als zäher denn saftreiches und trockenes, und das Einweichen in Wasser und Bähen am Feuer trägt zur Vermehrung der Biegsamkeit und Zähigkeit wesentlich bei."

„Holz, das den Einwirkungen der Witterung ausgesetzt ist, und selbst im Trockenen verbautes, verliert allmählich an Zähigkeit."

Hervorragend bildsame und zähe Hölzer sind die jungen Stockloden von Weide, Birke, Hainbuche, Aspe, Esche, Eiche und Ulme. Ebenso das Astholz der Birke, der Fichte, dann die jungen Wurzelstränge von Kiefern und Fichten im nahrungsarmen Sandboden. Zu den biegsamen und zähen Holzarten des Baumstammes rechnet man die Birke, Esche, Weide, Vogelbeere, Hickory-Holz, die Sorbus-Arten, Pappel und Rotbuche, letzteres jedoch nur im gedämpften Zustande, Weißbuche, Ulme, Akazie und Zürgelbaum, dann die Gerten und Stangen von Eichen, Hasel, Kornelkirsche und unterdrückten Fichten.

§ 44. 4. Spaltbarkeit. Aus der Bauart des Holzes ergibt sich eine für diesen Rohstoff höchst charakteristische Eigenschaft, welche darin besteht, daß sich dasselbe durch Eintreiben eines Keiles parallel zum Faserverlaufe leicht in Teile zerlegen läßt. Dabei hat man zwei Hauptspaltrichtungen zu unterscheiden: Die radial

stehenden Flächen, welche die Markstrahlen enthalten, und die darauf senkrecht stehenden Sehnenflächen oder Tangentialflächen. Diese Richtungen schlägt die Spaltkluft, der Schneide des Spaltkeiles voraneilend, ein. Das Spalten setzt die Ueberwindung des seitlichen Zusammenhanges der Faserbündel, bezw. der Kohärenz, mit welcher die Markstrahlen an den Holzfasern haften, voraus. Der Widerstand gegen das Spalten müßte Spaltfestigkeit genannt werden. Je höher die Spaltfestigkeit, desto niedriger die Spaltbarkeit oder Spaltigkeit. Wenn man von schwerspaltigen oder leichtspaltigen (d. i. spaltbaren) Hölzern spricht, so meint man damit nicht nur, daß das Maß der Spaltfestigkeit ein hohes oder niedriges sei, sondern auch, daß die entstehenden Spaltflächen minder oder mehr glatt und eben ausfallen und mehr oder weniger eine weitere Bearbeitung erheischen.

Die Spaltbarkeit ist eine für die erste Ausformung der Hölzer, also für die Herstellung von Halbfabrikaten, in gewissen Fällen hochwichtige Eigenschaft und verdiente daher, daß sie nicht nur mit Rücksicht auf die sie bedingenden Umstände mehr als bisher beobachtet würde, sondern sie hätte auch Anspruch darauf, einer exakten experimentellen Untersuchung unterzogen zu werden. Der einzige bemerkenswerte Versuch, die Spaltbarkeit einer experimentellen Messung zu unterwerfen, rührt von Nördlinger her, welcher jedoch den Fehler beging, als Probestück ein ganz willkürlich geformtes, gabel- oder kluppenartiges Holzstück zu wählen [1]). Abgesehen davon, daß die Nördlingerschen Probestücke, die Zweckmäßigkeit der Form zugegeben, in Beziehung auf ihre Abmessungen durch keinerlei Erwägung begründet werden können, muß auf den entscheidenden Unterschied aufmerksam gemacht werden, welcher zwischen dem Nördlingerschen Experiment und der Praxis besteht. Bei den Nördlingerschen Versuchen wird nämlich die Spaltfestigkeit durch eine allmählich anwachsende Kraft, Belastung durch eine Wagschale, in welche Schrot zufließt, überwunden. In der Praxis der Holzwaren-Gewerbe sind es wohl ausnahmslos Stoß-Momente, die den Keil in das Holz eintreiben. Der Unterschied zwischen diesen beiden Arten der Ueberwindung der Spaltfestigkeit ist aber ein fundamentaler. Immerhin kann man, bevor nicht eine befriedigendere Forschung vorliegt, die von Nördlinger gewonnenen Resultate als Anhaltspunkte für den Vergleich der Spaltfestigkeiten verschiedener Hölzer untereinander benützen.

Prof. M. Rudeloff führte eine Versuchsreihe über die Spaltfestigkeit des Kiefernholzes durch, wobei den Versuchsstücken die klammerartige Form (Nördlinger) gegeben wurde. (Siehe Mitteilungen aus den Kgl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin 1899. V. Heft.)

Gelegentlich der Untersuchungen über die Härte des Holzes hat Janka einige Studien über den Widerstand angestellt, welchen die Hölzer dem Eindrücken einer Axtschneide von 60 mm Länge und 28° Schneidewinkel in die Oberfläche der Holzprobe entgegensetzen [2]). Wenn auch diese Untersuchungen in erster Linie der Prüfung des Holzes auf seine Härteeigenschaft dienen sollten und daher eine Spaltwirkung tunlichst ausgeschaltet werden mußte, so war es doch in einzelnen Fällen nicht zu vermeiden, daß die Probehölzer, vor allem Eiche, Buche, Ahorn und Nuß, dabei aufspalteten. Diese Prüfung entspricht nun aber, abgesehen davon, daß hier nicht Stoßkräfte, sondern ruhig wirkende, von der Materialprüfungsmaschine ausgeübte Druckkräfte in Anwendung kamen, der Erprobung des Holzes auf Spaltfestigkeit viel besser als die Nördlingersche Methode der Er-

1) Vergl. Nördlinger, „Die technischen Eigenschaften der Hölzer" S. 243 und ff.).
2) Die Härte des Holzes. Von G. Janka. Wien 1906.

probung der Spaltfestigkeit. Damit ist im Sinne der Ausführungen Exners der Weg gezeigt, wie ein Verfahren zur Spaltfestigkeitsprüfung der Hölzer ausgebildet werden könnte; aus der Größe der Kraft, welche erforderlich ist, eine Keilschneide von bestimmter Form bis zum Eintritte der Spaltung ins Holz einzudrücken und aus der Tiefe der Eindringung dieser Keilschneide beim Beginne der Spaltung wäre die Spaltfestigkeit zu bestimmen; dabei werden allerdings auch, wie beim Nördlingerschen Versuch, die Dimensionen der Spaltprobe einverständlich festzusetzen sein.

Bei der Lage der Dinge müssen wir uns hier darauf beschränken, jene Erfahrungssätze zusammenzufassen, die als ziemlich feststehend betrachtet werden können.

Die Spaltfestigkeit ist bei manchen Hölzern so gering, daß oft unbedeutende, im Stamme selbst auftretende Spannungen ohne das Hinzutreten einer Kraft von außen eine Spaltung herbeiführen. Der Wechsel der Temperatur oder das Verdunsten des im grünen Holze enthaltenen Wassers rufen bei der Ungleichartigkeit des Materiales Spannungen hervor, welche die Spaltfestigkeit überwinden und die Klüftung des Holzes herbeiführen (Frostrisse, Waldrisse). Diese Erscheinungen stehen mit der Spaltbarkeit im Zusammenhange, doch dürfen sie nicht mit der Spaltbarkeit als technischer Eigenschaft verwechselt werden, welche so erklärt werden muß, wie sie weiter oben definiert wurde. Diese Eigenschaft setzt nämlich die Anwendung eines keilförmigen Werkzeuges voraus, welches, wie erwähnt, meistens durch Stoß-Aktionen in das Holz eingetrieben wird und zwar entweder von der Hirnseite aus oder von der Mantelfläche der Holzwalze aus; im ersten Falle entweder in der Richtung des Radius oder einer Sehne, im letzteren Falle immer in der Richtung des Radius.

Moeller sagt ganz richtig („Die Rohstoffe des Tischler- und Drechsler-Gewerbes“ S. 97): „Die Art der Zellen und ihre Verteilung ist ebenfalls für den Grad der Spaltbarkeit maßgebend, aber mehr noch für die Beschaffenheit der Spaltfläche. Sind die Fasern kurz, dazu stark inkrustiert, sogar zu einer kompakten Masse verschmolzen, so leidet die Spaltbarkeit sehr erheblich, die Spaltfläche wird uneben, höckerig, fast der Bruchfläche eines Minerals ähnlich (z. B. Guajak). Mitunter sind die Faserbündel von den Parenchym- und Gefäßgruppen scharf abgegrenzt, ein Umstand, der die Spaltbarkeit begünstigt, aber die Spaltfläche gerieft erscheinen läßt (z. B. Linde). Ist der Unterschied zwischen Herbst- und Frühlingsholz bedeutend, so spalten sie auch mit ungleicher Leichtigkeit, die Spaltfläche ist stufig abgesetzt (z. B. die ringporigen Laubhölzer, die meisten Nadelhölzer, besonders die harzreichen). Die faserige oder wellige, spiegelglatte oder seidenglänzende, rauhe oder schuppige Spaltfläche erklärt sich aus der Länge, Innigkeit der Verschmelzung, Art der Krümmung nebst anderen Eigentümlichkeiten der Fasern und der Häufigkeit der Unterbrechung durch die in Bau und Ausdehnung ebenfalls verschiedenen Markstrahlen.“

Meistens ist das Holz in der Richtung der Sehne schwerer spaltig als in der Ebene der Markstrahlen, und deshalb wird die industrielle Verwertung der Spaltbarkeit vorwiegend zur Ausformung von Stücken benützt, deren Oberfläche hauptsächlich von Radialflächen gebildet werden soll. Die äußeren Stammteile pflegen leichter zu spalten als die inneren, teils deshalb, weil die ersten Jahrringe häufiger unregelmäßig erwachsen, teils deshalb, weil in den äußeren Holzschichten zumeist eine größere Spannung zwischen den einzelnen Strahlen herrscht.

Die Weichhölzer gelten als leichter spaltbar, welche Auffassung nicht Anspruch auf allgemeine Geltung erheben kann. Uebrigens hängt die Spaltbarkeit von verschiedenen anderen Eigenschaften des Holzes und allerlei Umständen ab. So steht die Elastizität im engsten Zusammenhange mit der Spaltbarkeit. Die einmal durch den Keil geöffnete Kluft erweitert sich um so leichter, je elastischer das Holz ist. Alle Umstände, welche die Elastizität, also das Bestreben, die frühere Lage wieder zu gewinnen, steigern, sind der Spaltbarkeit günstig, d. h. steigern dieselbe.

Der Feuchtigkeitsgehalt übt auf die Spaltbarkeit einen scheinbar

widerspruchsvollen Einfluß aus. Da die Feuchtigkeit die Elastizität mindert, sollte sie auch die Spaltbarkeit benachteiligen; in vielen Fällen wirkt sie jedoch in entgegengesetztem Sinne. Da die Feuchtigkeit das erste Eindringen des Keiles erleichtert und die seitliche Kohärenz der Fasern häufig abschwächt, so kann der fördernde Einfluß der Feuchtigkeit dessen hemmende Tendenz überwiegen. Daher erklärt es sich, daß gewisse Hölzer im frischen Zustande schwerer spaltig sind als im trockenen, wie Aspe, Pappel, Erle, Salweide, andere hingegen im trockenen Zustande schwerer spalten als grün, wie fast alle Harthölzer.

Der Frost vermindert die Spaltbarkeit, hebt dieselbe wohl manchmal gänzlich auf, indem er die Elastizität erheblich schwächt. Auch bietet das gefrorene Holz den Nachteil, daß das Spaltwerkzeug wegen zu geringer Reibung an den Spaltflächen in der Spaltkluft nicht haftet, sondern zurückspringt.

Hoher Harzgehalt vermindert die Spaltbarkeit, vielleicht indirekt durch die Schwächung der Elastizität; so sind die Wurzelstöcke der Föhre, wenn harzreich, schwerspaltig. Gerad- und langfaseriges, astarmes Holz, wie es auf frischem Boden im geschlossenen Stande erwächst, ist leichtspaltig. Hohen Grad der Spaltbarkeit kann man bei Stämmen von bedeutender Schaftlänge, gleichförmiger Abnahme der Stammdicke, feiner Rindenbildung, geradelinigen Verlauf der Rindenritzen etc. vermuten [1]). In Beziehung auf die Spaltbarkeit kann man die Hölzer folgendermaßen klassifizieren:

Leichtspaltig: Fichte, Tanne, Weymouthskiefer, Kiefer, Lärche, Erle, Linde;

ziemlich leichtspaltig: Eiche, Buche, Esche, Edelkastanie, Schwarzkiefer, Zirbelkiefer;

schwerspaltig: Masholder, Hainbuche, Ulme, Salweide, Birke, Ahorn, Elsbeere, Pappel, Legföhre.

Alles bisher Gesagte bezieht sich auf die Spaltbarkeit, als Arbeitseigenschaft betrachtet, sie bildet die Vorbedingung für die Erzeugung von „Spaltwaren" und „Spaltholz-Sortimenten", wie Faßdauben, Dachschindeln, Dranitzen-Schachtelwänden und -Böden, Siebzargen, Weinpfählen, Zaunstöcken, Resonanz-Holz-Museln und Resonanz-Hölzern, Korbflechtspänen, Leuchtspänen usw.

Die Spaltbarkeit begünstigt manche Verfahrungsweisen, die der Form des Werkzeuges nach als Hobelarbeit aufgefaßt werden, bei denen aber das Hobeleisen nur die Rolle des Spaltkeiles spielt; dies bezieht sich namentlich auf die verschiedenen Arten der Spanerzeugung und der Fabrikation von Zündholzdraht, Zündhölzern, gemesserten Journieren, Jalousie-Holzdraht usw. Auch wird die Spaltarbeit angewendet als Mittel oder Endglied einer Kette von Arbeitsprozessen, die auf die Erzeugung gewisser Waren abzielen. Hier sei erwähnt das Spalten der Schuhstifte aus dünnen Hirnholzscheiben des Ahorns und der Birke, das Spalten jener auf der Drehbank hergestellten Ringe, deren Profil der Form gewisser Tierfiguren (in der Spielwaren-Industrie) entpricht usw.

Als Gewerbs-Eigenschaft tritt die Spaltbarkeit in einem höchst ungünstigen Sinne auf, und die Neigung zum Spalten, also große Leichtspaltigkeit, ist eine für das fertige Produkt aus Holz höchst unwillkommene Eigenschaft. Der Tischler und Drechsler findet sich häufig während der Arbeit, beim fertigen Produkte aber immer mit der Spaltbarkeit schwer ab. Das Einreißen des Holzes unter dem Hobel, d. h. eine nach der Spaltflächenrichtung eintretende, die beabsichtigte Spanform vereitelnde Spanbildung ist eine Folge der Spaltbarkeit, die sich um so ungün-

1) Vergl. Gayers Forstbenutzung. X. Auflage, herausgegeben von H. Mayr.

stiger äußert, je höher ihr Grad ist und je mehr die Richtung der Spaltfläche von der Richtung der Bewegung des Werkzeuges abweicht.

§ 45. 4. Härte. Die Härte des Holzes übt nicht nur auf die Gewinnung, sondern auch auf die Bearbeitung und die Verwendbarkeit eines Holzmaterials einen großen Einfluß aus; sie nimmt Einfluß auf den Arbeitseffekt bei der Schlägerung, beim Verschnitt im Sägewerke und bei der Bearbeitung mit Hilfe der verschiedenen holzbearbeitenden Werkzeuge und Maschinen; sie ist maßgebend für die Verwendbarkeit der Hölzer zu bestimmten Verwendungszwecken und für ganze Gewerbebetriebe, z. B. in der Holzdrechslerei, Bildschnitzerei, in der Möbelfabrikation, und bestimmt endlich auch die Brauchbarkeit eines Holzmaterials zu jenen Gebrauchsgegenständen, bei denen es vor allem auf eine große Widerstandsfähigkeit gegen Abnützung ankommt, auf eine Eigenschaft, die mit der Härte in innigstem Zusammenhange steht, beispielsweise bei der Verwendung von Holz zu Straßenpflaster, Kegeln und Kegelkugeln, zu Holzkammrädern u. dgl.

Nach dem Sprachgebrauche verbindet das technische und das Laien-Publikum mit dem Ausdrucke Härte dem Holze gegenüber dieselbe Vorstellung wie bei allen anderen Substanzen. Man versteht unter Härte den Widerstand, den eine Substanz dem Eindringen eines fremden Körpers in dieselbe von außen her entgegensetzt. Diesen fremden Körper denkt man sich dabei zumeist als ein Werkzeug von einer für das Eindringen in den Rohstoff günstigen Gestalt.

Für die Härte der Hölzer hat der Holzarbeiter schon das richtige Gefühl; er klassifiziert sein Holzmaterial nach dem fühlbaren Widerstande, den dasselbe bei der Bearbeitung durch die verschiedenen Werkzeuge entgegensetzt. Es wirken nun aber die Werkzeuge in ganz verschiedener Weise auf das Holz; man müßte also, wenn es gilt, die Härte der Hölzer exakt und nicht nur nach dem Gefühle festzustellen, eine Härte unterscheiden gegen das Eindringen schneidender Werkzeuge, wie Messer, Stemmeisen, Axt, Beil, Hobel, Bohrer — gegen das Eindringen von die Fasern zerreißender Geräte und Werkzeuge: Säge, Raspel, Feile, und gegen das Eindringen spaltender Werkzeuge und Hilfsmittel: Spalteisen, Keil, Nagel, Schraube. Auch ist es nicht gleichgültig, ob das Arbeitswerkzeug unter ruhigem Zug oder Druck oder durch plötzlichen Stoß und Schlag wirkt. Das Holz ist ferner kein homogener, sondern ein organischer, äußerst kompliziert zusammengesetzter Körper, dessen Härte sich je nach der Richtung, in welcher das Werkzeug die Fasern angreift, verschieden äußern wird, so daß man von Hirnholzhärte und Längsholzhärte sprechen kann, je nachdem die Angriffsrichtung des Werkzeuges senkrecht oder parallel zur Faserrichtung geht.

Ueberdies setzt sich das Holz aus verschieden harten Gewebselementen zusammen; der Spätholzteil des Jahrringes kann eine Härte besitzen, welche die Härte des Frühholzes um das Vielfache übertrifft; je nach dem Vorwiegen des harten und schweren Spätholzes gegenüber dem weichen und leichten Frühholze werden auch verschiedene Holzstücke einer und derselben Holzart gewisse Abweichungen in bezug auf ihre Härteeigenschaft zeigen müssen. Hiezu kommt schließlich beim Holze noch ein Faktor, der, wie jede Art von Festigkeit, auch die Härte desselben sehr stark beeinflußt; es ist dies der Feuchtigkeitsgehalt des Holzes.

Wie man sieht, sind die Schwierigkeiten, welche sich einer exakten, ziffermäßigen Feststellung des Härtegrades eines Holzes entgegenstellen, sehr große; sie wären unüberwindlich, wenn man sich nicht auf ein bestimmtes, zweckentsprechendes Verfahren der Härteprüfung einigen würde, in der Art, wie man sich ja auch bezüglich

der Vorschriften für einheitliche Prüfungsverfahren für Holz auf bestimmte Methoden der Festigkeitsprüfung international geeinigt hat.

Prof. Dr. M. B ü s g e n [1]) hat eine Reihe von Holzarten in der Weise auf ihre Härte geprüft, daß er mit Hilfe eines der Bodensonde nachgebildeten Apparates eine Stahlnadel mittels allmählich aufgelegter Gewichte 2 mm tief in den Holzkörper eintrieb und die Größe des hiezu notwendigen Gewichtes, in Grammen ausgedrückt, als Härte ansah. Gegen diese Methode läßt sich das Bedenken erheben, daß die Stahlnadel beim Eindringen zwischen die Holzfasern den harten und festen Spätholzzonen ausweichen und in der Richtung des geringsten Widerstandes vordringen wird, wodurch eine zu geringe Härte resultieren würde, daß ferner die ins Holz eingedrückte Nadel ebenso wie ein eingeschlagener Nagel in erster Linie spaltend wirkt und von der Elastizität des Holzmaterials beeinflußt wird, und daß man schließlich wegen der Kleinheit des Querschnittes der verwendeten Nadel zu viele Partien einer Holzprobe prüfen müßte, um einen richtigen Durchschnittswert der Holzhärte zu erhalten.

Dr. J a n k a hat ein Verfahren der Härteprüfung des Holzes ausgebildet, das geeignet erscheint, die Härte des Holzes ziffermäßig exakt zum Ausdrucke zu bringen[2]). Dieses Verfahren lehnt sich an das von dem schwedischen Oberingenieur Brinell 1890 eingeführte Härteprüfungsverfahren an, das bekanntlich darin besteht, daß eine kleine Stahlkugel in die Oberfläche des zu prüfenden Materials (Metalles) unter ruhigem Druck eingedrückt und aus dem Kugelhalbmesser, dem angewendeten Druck und der Tiefe des erzeugten Eindruckes die Härtezahl des Materials in ziffermäßiger Größe gefunden wird.

J a n k a verwendet für die Härteprüfungen des Holzes eine aus der ebenen Fläche eines eisernen Druckstückes hervorragende H a l b k u g e l v o n 1,00 cm² g r ö ß t e m K r e i s e , also von 5,642 mm Halbmesser, und drückt diese eiserne Halbkugel zwischen den Preßplatten einer Materialprüfungsmaschine unter stetigem Druck in die geglättete Hirnfläche des zu prüfenden Holzes bis zum größten Kreise der Halbkugel ein. Der W i d e r s t a n d , ausgedrückt in Kilogrammen, den das Holz hiebei in dem Momente leistet, in welchem die Halbkugel bis zu ihrem größten Kreise ins Holz eingedrungen ist, s t e l l t o h n e w e i t e r e s d i e H ä r t e d e s H o l z e s d a r ; da die Größe der Eindrucksfläche im Holze 1,00 cm² beträgt, so erscheint die Holzhärte analog wie bei den anderen Festigkeitsangaben auf 1 cm² bezogen. Um von einer Holzprobe von größeren Dimensionen, die ja auf der Querfläche in den verschiedenen Partien oft verschiedene Härte aufweist, einen verläßlichen Durchschnittswert zu erhalten, ist es natürlich notwendig, mit dieser Härteprüfung mehrere Stellen der Hirnholzfläche zu treffen; zweckmäßig wird man diese Einzelprüfungen der Härte in regelmäßiger Anordnung auf die ganze Querfläche verteilen (siehe Fig. 3). Es ist klar, daß diese Härteprüfungsmethode des Holzes zwar der allgemeinen Definition der Härte entspricht, aber mit keiner Beanspruchungsweise auf Härte durch die verschiedenen schneidenden Werkzeuge vergleichbar oder ähnlich ist; die damit erhaltene Härte stellt also gleichsam eine neutrale Härte dar.

Die Härte des Holzes ist abhängig von der Holzart, innerhalb derselben Holzart aber vom Feuchtigkeitsgehalte und vom spezifischen Gewichte, in der Art, daß bei gleichem Feuchtigkeitsgehalte das spezifisch schwerere, bei gleichem spezifischen (Trocken-)Gewichte das trockenere Holz die größere Härte besitzt. Während aber die Abnahme der Härte vom lufttrockenen zum wassergetränkten Zustande des Holzes

1) Zur Bestimmung der Holzhärten. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1904.

2) „Die Härte des Holzes“. Zentralblatt für das gesamte Forstwesen 1906, und „Ueber Holzhärteprüfung“ ebendaselbst, 1908.

Tabelle XVI.

Abhängigkeit der Härte des Holzes vom Feuchtigkeitsgehalte.

Nadelhölzer

Holzart	Feuchtigkeit Zustand	Feuchtigkeit in Prozenten	Spezifisches Gewicht s (100fach)	Druckfestigkeit D (kg/cm²)	Härte H (kg/cm²)	Quotient D/s	Quotient H/s
Fichte	naß	179.8	93.7	192	139	2.05	1.48
	lufttrocken	13.2	41.4	373	271	9.01	6.55
	zimmertrocken	10.1	39.8	458	264	11.51	6.63
	absoluttrocken	0.0	37.9	—	266	—	7.02
Tanne	naß	170.0	95.6	198	160	2.07	1.67
	lufttrocken	14.6	43.1	369	338	8.56	7.84
	zimmertrocken	10.3	41.6	441	350	10.60	8.41
	absoluttrocken	0.0	40.2	—	371	—	9.23
Weißkiefer	naß	151.6	95.6	176	163	1.84	1.71
	lufttrocken	14.0	46.2	373	293	8.07	6.34
	zimmertrocken	10.0	44.5	436	346	9.80	7.77
	absoluttrocken	0.0	42.8	—	348	—	8.13
Lärche	naß	139.1	105.7	216	183	2.04	1.73
	lufttrocken	17.5	55.9	388	292	6.94	5.22
	zimmertrocken	10.0	53.8	587	378	10.90	7.02
	absoluttrocken	0.0	51.7	—	380	—	7.35

Laubhölzer

Holzart	Feuchtigkeit Zustand	Feuchtigkeit in Prozenten	spezifisches Gewicht s (100fach)	Druckfestigkeit D (kg/cm²)	Härte H (kg/cm²)	Quotient D/s	Quotient H/s
Rotbuche	naß	78.5	106.8	—	430	—	4.03
	lufttrocken	15.7	78.4	467	770	5.96	9.82
	zimmertrocken	10.4	76.5	640	921	8.37	12.40
	absoluttrocken	0.0	74.0	—	1045	—	14.12
Eiche	naß	118.3	117.6	—	471	—	4.01
	lufttrocken	15.1	67.9	423	586	6.23	8.63
	zimmertrocken	9.0	65.5	597	591	9.11	9.02
	absoluttrocken	0.0	62.9	—	681	—	10.82
Ulme	naß	89.0	98.2	292	422	2.97	4.29
	lufttrocken	17.1	64.8	377	527	5.82	8.13
	zimmertrocken	10.2	62.7	582	624	9.28	9.95
	absoluttrocken	0.0	60 1	—	646	—	10.7[illegible]

eine bedeutende ist, ist die Zunahme dieser Eigenschaft vom lufttrockenen zum absoluttrockenen Zustande nur eine sehr geringe. Dieses Gesetz der Abhängigkeit der Härte vom Feuchtigkeitsgehalte des Holzes ist für einige unserer wichtigsten Holzarten aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen; die je in 4 verschiedenen Feuchtigkeitsstadien geprüften Hölzer stellen natürlich für jede einzelne Holzart vollkommen gleiches Holzmaterial dar.

(Siehe Tabelle Seite 438.)

Der Quotient $\frac{\text{Härte}}{\text{spez. Gewicht}}\left(\frac{H}{s}\right)$ ist bei den Nadelhölzern kleiner als der Quotient $\frac{\text{Druckfestigkeit}}{\text{spezif. Gewicht}}\left(\frac{D}{s}\right)$, während sich diese beiden Quotienten bei den Laubhölzern umgekehrt verhalten, woraus sich die Folgerung ergibt, daß die Nadelhölzer geeigneter sind für Bauzwecke, bei denen es auf größtmögliche Festigkeit bei möglichst geringem spezifischen Gewichte ankommt, während die Laubhölzer wiederum geeigneter sind für die Verwendung als Zeug- und Möbelholz, wozu wegen der geringeren Abnützbarkeit die größere Härte, wenn auch mit höherem spez. Gewichte verbunden, mehr geschätzt wird als die Festigkeit.

Bei Nadelholzbäumen, welche wegen Freistandes einem ständigen Anpralle des Windes ausgesetzt sind, bildet sich an der dem Winde abgewandten Seite des Stammes ein Holz aus, das bei größerer Ringbreite breite Rotholzzonen entwickelt; diese breitringige Seite des Stammes heißt bei den Holzarbeitern „h a r t e“ Seite, die dem Winde ausgesetzte, schmalringige Seite „w e i c h e“ Seite; es wurde von Janka durch exakte Härteprüfungen nachgewiesen, daß diese Bezeichnungen der Holzarbeiter tatsächlich vollkommen berechtigt sind, indem die harte Seite wirklich die größere Härte aufweist als die weiche Seite, wenn auch die Druckfestigkeit des Holzes dieser beiden Stammseiten sich umgekehrt verhält, die harte Seite also mit einer geringeren, die weiche Seite mit einer größeren Druckfestigkeit verbunden ist.

Im allgemeinen steigt innerhalb einer und derselben Holzart bei gleichem Feuchtigkeitsgehalt die Härte mit dem Wachsen des spezifischen Gewichtes an; da aber auch die übrigen Festigkeitseigenschaften, der Elastizitäts-, Trag- und Bruchmodul der Druck- und Biegungsfestigkeit mit steigendem spezifischen Gewichte ansteigen, so ist die Härteprobe geeignet, über die technische Qualität eines Holzmaterials einen ziemlich verläßlichen Aufschluß zu geben, wie dies die nachstehende Tabelle XVII bezüglich der Qualität des Fichtenholzes dartut. Die in dieser Tabelle aufgeführten Fichtenhölzer verschiedener Qualität sind in Fig. 3 auch bildlich dargestellt.

(Siehe Tabelle Seite 440.)

Was die Beziehungen der Härteeigenschaft zum Jahrringbaue des Holzes anbelangt, so gilt diesbezüglich das schon bei der Erörterung der Festigkeitseigenschaften Gesagte: Die Härte ist von der Jahrringbreite direkt nicht abhängig, sie wird vielmehr durch das Verhältnis beeinflußt, in welchem bei einer gegebenen Probe das Spätholz zum Frühholze steht.

Die Härte der Hölzer überhaupt variiert nach den Ergebnissen der Härteprüfungen mittels der Jankaschen Kugeldruckmethode zwischen 200 (Paulownie) und etwa 2000 kg/cm² (Grenadillholz); unsere härtesten europäischen Holzarten dürften kaum über 1000 kg/cm² Härte haben; höhere Härtegrade weisen viele exotische Holzarten von hohem spezif. Gewichte auf. Wenn nun auch die Härteeigenschaft verschiedener Holzarten nicht immer mit dem spezifischen Gewichte derselben in genauem Einklang steht, so läßt sich doch im allgemeinen behaupten, daß ein Holz

Tabelle XVII.

Abhängigkeit der Härte des Fichtenholzes vom spezifischen Gewichte.

Nummer der Probe	Jahrringbreite	Spezifisches Gewicht		Biegungs-Elastizität und -Festigkeit					Druck-Elastizität und -Festigkeit						Härte lufttrocken
												Druckfestigkeit			
		absoluttrocken	lufttrocken	Elastische Durchbiegung pro 1 t	Elastizitätsmodul	Tragmodul	Biegungsfestigkeit	Deformationsarbeit beim Bruche	Elastische Verkürzung pro 1 t	Elastizitätsmodul	Tragmodul	Prisma lufttrocken	Platte lufttrocken	Platte absoluttrocken	
	mm	100fach		mm	t/cm²	kg/cm²		t/cm	mm	t/cm²	kg/cm²	kg/cm²			kg/cm²
1	3.70	31.4	34.7	9.69	87.1	331	487	2.97	0.0192	94.5	217	282	309	523	168
2	2.33	33.6	36.4	9.01	93.4	332	543	6.03	0.0138	95.5	184	317	332	579	197
3	3.17	35.6	39.4	8.27	102.2	392	570	4.15	0.0176	112.2	237	356	336	629	213
4	1.61	37.7	40.7	6.78	124.4	423	595	3.25	0.0199	120.4	228	386	403	709	206
5	3.41	39.9	42.5	7.17	117.5	402	664	7.51	0.0140	128.6	333	374	406	738	237
6	1.54	41.1	44.2	6.94	121.9	419	742	9.80	0.0161	140.8	375	449	418	773	247
7	2.10	44.6	47.3	6.10	138.4	477	781	6.64	0.0130	148.7	252	437	484	861	311
8	1.27	47.7	50.4	5.95	141.8	509	835	10.71	0.0135	167.3	349	481	534	957	324
9	1.01	51.2	53.5	5.63	150.3	520	871	12.16	0.0168	171.4	259	460	573	1053	341

(Erklärung zur untenstehenden Fig. 3.)

Fig. 3.

Ansicht der Querschnittsflächen von auf Härte geprüften Fichtenhölzern

um so härter ist, je schwerer es ist —, immer unter Voraussetzung gleichen Feuchtigkeitsgehaltes.

Mit Hilfe der oben auseinandergesetzten Prüfungsmethode und unter Berücksichtigung der auf die Härteeigenschaft Einfluß nehmenden physikalischen Eigenschaften des Holzes unterliegt die Aufstellung einer Härteskala, die nicht auf unzuverlässigen Angaben und dem Gefühle der Holzarbeiter beruht, sondern auf Grund von exakten Härteprüfungen aufgebaut ist, keiner weiteren Schwierigkeit; nur sind diese Untersuchungen an den verschiedenen Holzarten noch nicht durchgeführt. Solange wir aber eine derartige exakte Härteskala der Hölzer nicht besitzen, bleibt nichts anderes übrig, als dieselben in der von Nördlinger, Gayer, Möller u. a. angegebenen Weise bezüglich ihres Härtegrades zu gruppieren, wie dies in der nachfolgenden Reihe geschehen ist [1]).

I. Sehr hart: Pockholz, Grenadill, Quebracho, Korallenholz, Ebenholz, Veilchenholz, Buchsbaum, Partridgeholz, Rainweide, Steineiche, (Quercus Ilex), Sauerdorn, Kornelkirsche, Hartriegel, Heckenkirsche, Weißdorn, Schlehe, Mandelbaum, Gleditschie, Syringe.

II. Hart: Hickory, Akazie (Robinie), Weißbuche, Oelbaum, Palisander, Stechpalme, Maulbeerbaum, Zürgelbaum, Zwetschge, Wildkirsche, Mehlbeere, Holunder, Rotbuche, Eiche, Zerreiche, Esche, Ahorn, Goldregen, Sperberbaum, Kreuzdorn, Mahagoni, Schwarznuß, Walnuß, Apfelbaum, Birnbaum, Eibe.

III. Mittelhart: Teakholz, Elsbeere, Platane, Ulme, Edelkastanie, Götterbaum, Tulpenbaum, Pitchpine, Legföhre, Vogelbeere, Traubenkirsche.

IV. Weich: Lärche, Douglastanne, Birke, Erle, Roßkastanie, Hasel, Schwarzföhre, Weißföhre, Fichte, Tanne, Wacholder, Zypresse, Lebensbaum, Faulbeerbaum, Salweide.

V. Sehr weich: Aspe. Zirbelkiefer, Weymouthskiefer, Weiden, Pappeln, Linde, Paulownie.

Nördlinger hat in seinem bekannten Werke eine Reihe von Beobachtungen über das Verhalten verschiedener Hölzer diversen Werkzeugen gegenüber veröffentlicht. Dieser Teil der Nördlingerschen Arbeit ist aber bis heute eine fast völlig vereinzelte Anregung geblieben.

Die unter der Führung Ernst Hartigs unternommenen Studien über den Kraftverbrauch und die Arbeitsleistung gewisser Werkzeugsmaschinen würden eher noch als die Nördlingerschen Versuche einen sicheren Rückschluß auf die Schnittfestigkeit der Hölzer gestatten. Exner hat eine Reihe von Arbeiten in Verfolgung des von Ernst Hartig gezeigten Weges bezüglich der Werkzeugsmaschinen für Holzbearbeitung durchgeführt; er hatte dabei aber weniger die Arbeitseigenschaft der Schnittfestigkeit als den Wirkungsgrad der Holzbearbeitungsmaschinen und den Zusammenhang derselben mit ihrer Konstruktion im Auge; immerhin waren aber diese experimentellen Forschungen geeignet, die Ueberzeugung zu reifen, daß man nur auf diesem Wege zu einer genaueren Kenntnis der durchschnittlichen Härte eines bestimmten Bearbeitungsmateriales gelangen könne [2]).

* * *

Ueberblicken wir den ganzen an dieser Stelle abgehandelten Stoff, so können wir uns dem Gedanken nicht verschließen, daß dem Leser je nach seiner speziellen

1) Härteskala der Hölzer in den „Besonderen Bedingungen für den Handel in Holz an der Wiener Börse".

2) Werkzeuge und Maschinen zur Holzbearbeitung von W. F. Exner. II. Band, Handsägen und Sägemaschinen, dynamischer Teil 1881. III. Band von Carl Pfaff 1883. Weimar, B. F. Voigt.

Berufsrichtung unsere Darstellung als mehr oder weniger lückenhaft erscheinen muß. Der eine wird die Erörterung der „Dauerhaftigkeit", der andere die Abhandlung der „Qualität" des Holzes im allgemeinen, ein dritter die Besprechung der „Fehler und Krankheiten" vermissen; dem einen wird zu wenig positives Material, dem andern zu wenig Reflexion oder Konklusion geboten worden sein; wir selbst jedoch betrachten unsere Abhandlung nur als den Versuch einer Markierung der in der forsttechnischen, mechanisch-technischen und technologischen Forschung und Literatur betretenen Wege für die Erprobung des Holzes als Grundlage der gewerblichen und industriellen Produktion.

IX.

Die Forstbenutzung.

B. Die Hauptnutzung[1].

(Ernte, Verwertung und Aufbewahrung von Holz und Rinde.)

Von

Hermann Stoetzer.

Für die 3. Auflage bearbeitet von Christoph Wagner.

Literatur. Gayer: Die Forstbenutzung. 1. Auflage 1863, 10. Auflage 1909, bearbeitet von Mayr. — König: Die Forstbenutzung. Ein Nachlaß, bearbeitet und herausgegeben von Grebe. 3. Auflage. 1882. (1. Auflage 1851). — Heß: Die Forstbenutzung. Ein Grundriß zu Vorlesungen mit zahlreichen Literaturnachweisen. 2. Auflage. 1901 (1. Auflage 1876). — Hufnagl: Handbuch der kaufmännischen Holzverwertung 1905, 3. Auflage. 1910.

Einleitung.

Die Nutzung der Erzeugnisse des Waldes stellt ohne Zweifel die früheste Form forstwirtschaftlicher Tätigkeit des Menschen im Walde dar. Lange bevor man für einen regelmäßigen Ersatz der dem Walde entnommenen Stoffe durch waldbauliche Maßregeln Sorge zu tragen begann, hatte eine, wenn auch von Hause aus ziemlich planlose Benutzung der Wälder zur Befriedigung der fühlbaren Bedürfnisse der Menschen Platz gegriffen. Dies ging an, so lange die Walderzeugnisse in beliebiger, jedenfalls aber ausreichender Menge vorhanden und daher mehr oder weniger wertlos waren.

Mit der Verschlechterung des Zustandes der Waldungen, die eine solche ungeordnete Benutzungsweise mit sich brachte, sowie mit der Vermehrung der Ansprüche,

---

1) Hauptnutzung, im Gegensatz zur Nebennutzung, (nicht zur Zwischennutzung), deckt sich nicht mit Holznutzung, sondern umfaßt alle Nutzungen, die durch Wegnahme von Bäumen erhoben werden. Damit fällt neben der Gewinnung des Holzes auch diejenige der Rinde unter die Hauptnutzung. Die Rindennutzung darf nicht, wie meist geschieht, unter die Nebennutzungen gerechnet werden, denn Rinde fällt immer mit an, wo Hauptnutzung erhoben wird, und bildet dabei nicht selten einen wichtigen, ja beim Eichenschalwald den wichtigsten Nutzungsgegenstand. Dazu bleibt sie meist mit dem Holze vereinigt, wird mit ihm vermessen, gebucht, verwertet und z. T. verbraucht (Brennholz).

die an den Wald von seiten der zunehmenden Bevölkerung gestellt wurden, mußte nach und nach ein Umschwung in der Benutzung eintreten. An Stelle eines Zustands sorgloser Holzverschwendung trat die Furcht vor Holznot. Hieraus, sowie aus dem mehr und mehr in den Vordergrund tretenden Bestreben der Waldbesitzer, ihre Forste zu einer Einnahmequelle von hoher Bedeutung zu machen und die Einkünfte aus denselben zu heben, entsprang die Notwendigkeit, die Benutzung der Waldungen eigenen Forstverwaltungsorganen zu überweisen, und so bildeten sich nach und nach die Regeln und Grundsätze für Gewinnung und Verwertung der Forstprodukte zu einer eigenen Disziplin, zu der Lehre von der Forstbenutzung aus.

An Stelle der ursprünglich reinen Okkupation von Naturerzeugnissen ohne weitere Waldpflege und Nachhaltigkeit trat schließlich eine geordnete Forstbenutzung mit folgenden Rücksichten und Aufgaben:

1. der Sicherung nachhaltiger, d. h. gleichmäßig fortdauernder Holzlieferung aus dem Walde — einer walderhaltenden, waldpfleglichen, ja waldfördernden Ernte,
2. der Erzielung technisch wertvollster Produkte, daher zweckmäßigster Aufbereitung und Behandlung — eines Zerlegens in transportable Formen und Dimensionen, in Stücke mit möglichst vielseitiger Verwendbarkeit; der Sorge für Erhaltung bester Qualität,
3. der Erhöhung der Waldrente, daher billigster Ernte und bester Verwertung der Produkte — einer Anwendung waldpfleglichster und dabei billigster Erntemethoden und der Sorge dafür, die Erzeugnisse denjenigen Verwendungsarten zuzuführen, für die sie sich am meisten eignen und für die sie daher am höchsten geschätzt werden.

Nach der Einteilung des Handbuches der Forstwissenschaft wurden die technischen Eigenschaften der Hölzer in einem besonderen vorhergehenden Abschnitt bereits besprochen; es bleibt uns daher in der Darstellung der Forstbenutzungslehre die Aufgabe, dem Leser die Lehren von der Hauptnutzung und von den Nebennutzungen vorzuführen. Der vorliegende Abschnitt wird sich auf die Darstellung der Hauptnutzung beschränken. Dabei werden wir zunächst eine kurze Uebersicht über die Verwendung der Hölzer darzubieten haben, an die wir alsdann die Lehren von der Ernte und von der Verwertung anschließen werden. Dem Abschnitt über die Hauptnutzung wird ein solcher über die Nebennutzungen unmittelbar folgen. Eine gemeinsame Behandlung von Haupt- und Nebennutzungen erschien nicht erforderlich, da ja beide, sobald die Rindennutzung zur Hauptnutzung gezählt wird, in keinem unmittelbaren Zusammenhange zueinander stehen.

Uebrigens ist das Verhältnis der Hauptnutzung zu den Nebennutzungen im rationellen Forstbetriebe gekennzeichnet durch eine grundsätzliche Unterordnung der Nebennutzungen unter die Hauptnutzung; d. h. im intensiven Forstbetriebe darf die erstere durch die letzteren nicht beeinträchtigt werden.

I. Verwendung des Holzes und der Rinde.

§ 1. Allgemeines. Um mit Erfolg die sorgfältigste Ausnutzung der Forstprodukte anordnen, leiten und überwachen zu können, muß der Forstmann vor allem über die Zwecke, zu denen dieselben in den verschiedenen Gewerben seines Absatzgebietes Verwendung finden, genau unterrichtet sein. Die meiste Rücksicht

verdient in dieser Hinsicht das Hauptprodukt der Wälder, das Holz. Die Verwendung desselben ist eine überaus mannigfaltige, es bildet ein für viele Zwecke geradezu unentbehrliches Hilfsmaterial und dient zur Befriedigung der ersten und wichtigsten Bedürfnisse der Menschen. Wir haben dasselbe nicht nur zur Herstellung unserer Wohnungen und zur Heizung und Erwärmung nötig, sondern in noch höherem Umfang zu technischen Zwecken in den verschiedensten Gewerben und Industrien. Je nach diesen Verwendungszwecken unterscheiden wir vor allem zwischen dem Nutzholz und dem Brennholz.

Die höheren Ansprüche, die an Form und innere Eigenschaften des Nutzholzes gestellt werden und die ausgedehntere Verwendbarkeit, die sich aus letzteren ergibt, bedingen in der Regel dem Brennholz gegenüber einen erheblich höheren Preis des Nutzholzes insofern nicht alles Holz, das noch recht gut zu Brennholz tauglich ist, die zu Nutzholz erforderlichen Dimensionen und Eigenschaften besitzt. Um so mehr wird der Forstmann daher die Rente der seiner Leitung anvertrauten Waldungen zu heben imstande sein, je eingehender er sich bemüht, die Schlagergebnisse in möglichst ausgedehnter Weise als Nutzholz aufarbeiten zu lassen und zu verwerten.

In den meisten Fällen wird die Forstverwaltung sich darauf beschränken, das rohe Holz in den vom Verkehr am meisten begehrten Formen und Sorten den Käufern darzubieten; nur in seltenen Fällen wird derselben die Aufgabe zufallen, eine ins feinere gehende Bearbeitung desselben im Walde selbst vornehmen zu lassen.

Die gewöhnlichsten Verwendungsarten des Nutzholzes sind: Die Verwendung zum Hochbau (Häuserbau), Schiffsbau, Bergbau (Grubenholz), Erd-, Brücken- und Wasserbau, in den Werkstätten (Küfer und andere Spaltwarengewerbe, Schreiner, Glaser, Wagner usw.), zum Maschinenbau (Werkholz), zur Papierfabrikation und in der Landwirtschaft.

Es ist unmöglich, in unserer gedrängten Darstellung mehr als eine kurze Uebersicht des gewöhnlichen Bedarfs zu geben, zumal örtlich die Anforderungen sehr verschieden sind. Es ist deshalb eine wichtige Aufgabe des Forstmanns, die ganz besonders betont werden muß, daß er alle in seinem Bezirk befindlichen Gewerbe und Industrien, die Holz verbrauchen, kennen lernt, allen Nachfragen tunlichst auf den Grund geht und sich so viel als möglich durch eigene Anschauung und spezielle Erkundigung unterrichtet; denn seinen Abnehmern gegenüber ist er Kaufmann.

§ 2. Bauholz. Die zum Bau von Häusern erforderlichen Konstruktionshölzer werden je nach dem Umfang der Bauwerke und deren einzelnen Teile in verschiedenen Dimensionen begehrt. Da diese Hölzer nicht in rundem, sondern in beschlagenem Zustande verwendet werden, so ist es von Bedeutung, daß die verwendeten Stämme nicht zu viel Abfall, d. h. keine allzu große Differenz zwischen oberem und unterem Durchmesser aufweisen, vielmehr recht vollholzig sind, weil auf diese Weise bei gleichem Kubikinhalt des Rundholzes stärkere Balken gewonnen werden können.

Man unterscheidet scharfkantiges Bauholz, das einen regelmäßigen vierseitigen (quadratischen oder rechteckigen Querschnitt haben muß, und wald-, wahn-, rund- oder schalkantiges Bauholz, bei dem statt der scharfen Kanten des vorigen schmale Rundholzbänder als Kreisabschnitte in den Ecken des Querschnittes vorhanden sind. — Die letztere Form gestattet eine weit vorteilhaftere Ausnutzung der Stämme und bedingt einen geringeren Verlust an abfallenden Spänen und Schwarten. Mit noch geringerem Verlust ist das Berappen der Hölzer

verbunden; solche berappte Holzstücke sind an vier Seiten leicht behauen, gewöhnlich doppelt so breit als die gebliebene Rindenkante.

Der zweckmäßigste Querschnitt eines wagrecht verlegten, also auf seine *Tragkraft* in Anspruch genommenen Balkens ist nicht der quadratische, sondern der rechteckige, insofern bei *gleicher* Querschnittsfläche die Tragkraft des rechteckig geschnittenen Balkens eine erheblich größere ist als die des quadratischen. Die tragkräftigste Rechtecksform im Kreise, oder der stärkste scharfkantige Balken, dessen Breite = b, dessen Höhe = h, wird aus einem Stamme erhalten, wenn die Breite zur Höhe sich verhält wie $1 : \sqrt{2}$, annähernd wie $5 : 7$, wobei das Produkt $b.\ h^2$ seinen Höchstbetrag erreicht.

Die Bauhölzer erhalten ihre Bearbeitung entweder durch das Beschlagen oder Bezimmern von Hand durch den Zimmermann, wobei der Abfall in die Späne geht, oder durch das Besägen (Besäumen) mit Hilfe von Sägmaschinen auf der Sägmühle.

Die älteste Konstruktionsform der Gebäude ist ohne Zweifel der *Blockhausbau*, bei dem die Wände und Dächer ausschließlich aus Holz hergestellt werden; man findet denselben heute noch in den Alpen, sowie in waldreichen Gegenden des deutschen Ostens im Gebrauch; er ist durch *größten Holzbedarf* gekennzeichnet, denn die Wände sind bei ihm ausschließlich durch Balken gebildet, die aufeinander gelegt und verzapft werden.

Die nächst höhere Stufe ist der *Fachwerksbau*; er bedeutet, was Holzersparnis anlangt, schon einen Fortschritt. Die Wände werden hier durch Holzwerk in Fache eingeteilt, die mit Backsteinen oder Bruchsteinen ausgemauert, oder mit Lehm ausgefüllt, wohl auch mit schwächerem Holze ausgesetzt werden.

Mit der zunehmenden Steigerung der Holzpreise ist man vielen Ortes, insbesondere in Städten, zum *Stein- oder Massivbau*, als der höchsten Stufe des Hochbaus, übergegangen, bei der dieser sich bezüglich der Verwendung von Holz auf die Konstruktion der Decken und des Daches und die innere Ausrüstung der Gebäude (Treppen, Täfelungen, Fußböden, Türen, Fenster usw.) beschränkt.

Man unterscheidet bei dem zum Hausbau erforderlichen Bauholz folgende Sorten: *Schwellen*, die im untersten Stockwerke auf der Grundmauer als Unterlage des Gebäudes (Grundschwellen), im übrigen als Unterlagen der höheren Stockwerke über den Wänden des Gebäudes (Saum- oder Brustschwellen) ihren Platz finden. Grundschwellen werden in Dimensionen von 20—25 cm Kante verwendet und müssen, da sie, auf Stein liegend, den Einwirkungen der Grundfeuchtigkeit am meisten ausgesetzt sind, aus besonders dauerhaftem Holze, am besten aus *Eichenholz*, hergestellt werden. Saum- oder Brustschwellen nimmt man von 16—20 cm Beschlagstärke. *Säulen* kommen zunächst an die vier Ecken eines Gebäudes (Ecksäulen), außerdem an alle Türen, sowie in angemessenen Zwischenräumen (etwa $1^1/_4$—$1^1/_2$ m) innerhalb der Wände. Sie werden in die Grundschwellen eingezapft. — Auch zu den Ecksäulen verwendet man vielfach Eichenholz.

Auf die Kopfteile der Säulen werden die *Rahmen* aufgezapft; man unterscheidet *Dachrahmen* beim obersten Stockwerk unterhalb des Daches, *Wandrahmen* bei den tieferen Stockwerken. Jede Wand erhält einen Rahmen.

Zwischen Säulen von weiter Entfernung, sowie an den Ecken der Gebäude bringt man *Winkelbänder* oder *Streben* an, d. h. Bauhölzer, die in schräger Stellung von der Schwelle bis zum Rahmen reichen.

Außerdem werden, um die zwischen den Säulen und Streben entstehenden Zwischenräume in kleinere Fache zu teilen, die Säulen unter sich durch wagrecht

angebrachte Riegelhölzer verbunden. Bei hohen Stockwerken hat man zweimalige Verriegelung.

Zu den Streben und Riegeln genügt schwächeres Holz; man verwendet meist Nadelholz mit einer Beschlagstärke von 10—12 cm.

Die Balken werden quer über die senkrechten Wände wagrecht auf die Wandrahmen aufgelegt; ihre Länge entspricht der Tiefe des Gebäudes. Da sie die auf ihnen liegenden Decken zu tragen haben, so müssen sie rechteckigen Querschnitt besitzen und „auf die hohe Kante gelegt" werden; auch ist eine ausreichende Stärke erforderlich (bei langen Balken rechnet man 25/30, bei kürzeren 20/25 Zentimeter Beschlag).

Ueber jede Säule in der Längenwand kommt ein solcher Balken zu liegen.

Zur Unterstützung der Balken verwendet man bisweilen noch die Träger oder Durchzüge, die parallel mit der Längsseite des Gebäudes quer unter den Balken aufliegen. Sie werden von ähnlicher Beschaffenheit und von gleichen Dimensionen wie diese genommen.

Die oberste Balkenlage dient nun zum Tragen des Dachstuhls und der Sparren; ersterer wird beim Massivbau auf sog. „Mauerlatten" aufgelegt. „Sparren" sind die schräg liegenden Hölzer, welche die Fläche des Daches bilden. Bei kleineren Dächern stellt man die Sparren bloß unten auf die Balken auf und stemmt je zwei sich gegenüberstehende oben aneinander an; bei größeren Dächern werden die Sparren, damit sie sich nicht biegen, zwei- bis dreimal je nach ihrer Länge auf quer unter denselben, also der Länge des Daches nach liegende Hölzer, die „Rahmen" oder „Dachruten" gelegt, welch letztere wiederum auf Säulen ruhen. Diese Rahmen und Säulen bilden den Dachstuhl. Die Säulen und Dachruten werden unter sich noch durch sogenannte Binder verbunden. Je zwei einander gegenüberstehende Säulen verbindet man durch „Kehlbalken", auf welche Weise der Dachraum in zwei Stockwerke zerlegt wird.

Dachsparren erhalten Stärken von 13—17 cm; Dachruten werden etwas stärker genommen, und Dachsäulen erhalten eine Stärke von etwa 20 cm.

Auf künstliche Konstruktionen, wie sie beim Bau größerer Häuser, insbesondere solcher, welche beträchtliche Säle enthalten, nötig werden, z. B. Hänge- und Sprengwerke, gehen wir nicht ein, da dieselben ohne Zeichnung nicht gut verdeutlicht werden können.

Beim Massivbau kommt von den vorstehend beschriebenen Sortimenten nur derjenige Teil vor, der zum Dachwerk und zur Herstellung der Innenwände und Decken erforderlich ist.

Ein gewisser Holzverbrauch beim Häuserbau, besonders beim Massivbau, findet noch statt durch Anbringung der sog. Baugerüste, die aus den senkrecht gestellten Gerüststämmen, den wagrecht an diese angebundenen Streckhölzern und den wiederum rechtwinkelig zu diesen wagrecht mit dem Bau sich verbindenden Schlußriegeln bestehen. Auf letztere wird ein Bretterbelag aufgebracht, der den Werkleuten zum Standort dient. Zu diesen Baugerüsten verwendet man da, wo sich das Baugewerbe höher entwickelt hat, nicht mehr wie früher Rundholz, sondern kantig geschnittene Hölzer, die mit Schrauben untereinander verbunden werden.

In Zeiten lebhafter Bautätigkeit ist der Verbrauch an Bauhölzern ein so bedeutender, daß er einen sehr erheblichen Teil des gesamten Nutzholzanfalls unserer Nadelwälder verschlingt. Die schwächeren Klassen unserer Nadelholz-Langhölzer

verdanken ihre steigende Wertschätzung zum großen Teile dieser Verwendungsart (neben der Papierfabrikation).

Die Holzmenge, die zu einem Hausbau Verwendung findet, wechselt selbstverständlich sehr stark je nach Dimensionen und Bauart. Ein größeres bürgerliches Wohngebäude mit Fachwerkskonstruktion beansprucht immerhin gegen 150 fm Rundholz. Hierbei wird Gewicht darauf gelegt, daß etwa 40 % stärkeres (von ca. 35 cm Mittendurchmesser), gegen 30 % mittelstarkes (von 30 cm Durchmesser), 20 % schwaches Holz (von 25 cm Durchmesser) vorhanden sei, und nur 10 % der schwächsten Sorte (von 18—20 cm Stärke). Der Fachwerkbau ist in der neueren Zeit mehr und mehr durch den Massivbau ersetzt worden und ist eigentlich nur noch auf dem Lande, sowie in kleineren Städten in Anwendung. Der Bedarf an stärkerem Bauholz, das zudem vielfach durch Eisen (Träger) ersetzt wird, ist infolgedessen gegenüber der Verwendung mittlerer und schwächerer Hölzer geringer geworden.

Man verlangt vom Bauholz vor allem einen geraden, schlanken, möglichst vollholzigen Wuchs, nicht zu viele Aeste, weil letztere die Tragkraft beeinträchtigen und die Bearbeitung erschweren. Das Holz muß ferner vollkommen gesund und darf nicht drehwüchsig sein.

Man kann annehmen, daß ausgewachsenes Holz zum Bauen am besten ist, da das junge Holz niemals so fest und dauerhaft sein wird, als dieses; altes, überständiges Holz besitzt wiederum nicht den erforderlichen Grad von Elastizität.

Holz, das zu Balken bestimmt ist und einen möglichst hohen Grad von Tragfähigkeit haben soll, nimmt man lieber vom Stammende als von Gipfelstücken.

Engringiges, langsam im Schluß erzogenes Nadelholz gibt nach der allgemeinen Annahme ein haltbareres Bauholz als solches. das üppig mit breiten Jahrringen erwachsen ist.

Das Material zu den Bauhölzern liefern vorwiegend die Nadelhölzer, insbesondere Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche. — Zu den Grundschwellen und Ecksäulen, die am meisten dem Eindringen der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, verwendet man in der Absicht, größte Festigkeit und Dauer zu erhalten, gerne Eichenholz, wo solches noch zu mäßigen Preisen zu haben ist. In Nadelholzgegenden jedoch findet meist ausschließlich nur Nadelholz Verwendung.

Unter diesem wird ausgewachsenes kerniges Kiefernholz zu Schwellen und Säulen, ähnlich dem Eichenholz, vor der Fichte den Vorzug verdienen. Zu Schwellen sowie zu allen Verwendungen in dunstigen Räumen wird auch Tannenholz verwendet, da es gegen Feuchtigkeit weniger empfindlich ist. Zu Balkenholz, bei dem es auf einen möglichst hohen Grad von Tragkraft ankommt, wird hingegen die Weißtanne, (wenigstens örtlich, so z. B. in manchen Gegenden Thüringens) zurückgesetzt. Auch nach Bauschinger (Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Königl. Technischen Hochschule in München) ist die Tragkraft der Weißtanne geringer als diejenige von Kiefer und Fichte. Im übrigen wird Kiefernholz in Kieferngegenden gegenüber dem Fichtenholz meist bevorzugt [1]). Zugunsten der Fichte macht sich ihr gerader Wuchs (Schnürigkeit), sowie die große Vollholzigkeit der im Bestandesschluß erwachsenen Stämme geltend.

Ein sehr dauerhaftes Bauholz ist das Lärchenholz; man findet in manchen Gegenden, z. B. in Schlesien, der Schweiz und Tirol, uralte, aus Lärchenholz errichtete Gebäude, die sich ganz vorzüglich gehalten haben. Doch finden sich auch weniger

1) Interessante Untersuchungen über die Wert-, bez. Preisverhältnisse verschiedener Nadelhölzer finden sich in dem Referat von Ney, erstattet auf der XIII. Versammlung deutscher Forstmänner zu Frankfurt a. M. 1884 (cf. Protokoll S. 111 ff.).

günstige Urteile, z. B. hinsichtlich der Neigung des Lärchenholzes, sich noch längere Zeit nach der Verbauung zu drehen, was wohl bei exzentrischem Wuchse vorkommen kann (Bericht über die 28. Versammlung Thüringer Forstwirte in Coburg 1901). Der Weymouthskiefer macht man den Vorwurf einer gewissen Sprödigkeit und mangelnder Tragkraft; dagegen ist ihre Dauer infolge des Harzgehaltes eine große.

Die Verwendung ausländischer Nadelhölzer, z. B. des sehr dauerhaften Pitchpine-Holzes (von pinus taeda und palustris aus Süd-Karolina herrührend) beschränkt sich auf die innere Ausrüstung der Gebäude (Fußböden, Getäfel).

Zu Riegelholz und schwachen Sparren verwendet man wohl auch Aspenholz; die edleren Laubhölzer, Ahorn, Esche, Ulme stehen vermöge ihrer Verwendungsfähigkeit zu vielen anderen Zwecken zu hoch im Preis, als daß sie zu Bauholz gebraucht werden könnten.

Die Buche ist anscheinend im eigentlichen Buchengebiet in früheren Zeiten, als es in vielen Gegenden Deutschlands an Nadelholz noch fehlte und die Einführung desselben durch den Mangel an Verkehrsmitteln sehr erschwert war, mehr im Gebrauch gewesen, als dies heute der Fall ist. In alten Gebäuden findet man Buchenholz nicht selten in einzelnen Stücken; auch liegen Nachrichten vor, nach denen dasselbe zum Aufbau einer größeren Anzahl von Häusern im Eichsfeld (Provinz Sachsen) verwandt wurde; so ist festgestellt, daß dies im Dorfe Lenterode bei Heiligenstadt nach Beendigung des dreißigjährigen Krieges geschehen ist; das betreffende Holz war beim Laubausbruche gefällt worden und man hatte die Stämme im Laube liegen lassen, bis sie durch die Belaubung ausgetrocknet waren [1]).

Vor einiger Zeit hat man bezüglich des Pfarrhauses zu Lengfeld, ebenfalls im Eichsfeld gelegen, aus dem Jahr 1619 die Erbauung aus Buchenholz, mit Ausschluß der Schwellen, die aus Eichenholz sind, nachgewiesen und an diese Tatsache mancherlei Wünsche und Hoffnungen für die Zukunft der Buche hinsichtlich ihrer Verwendung zu Bauzwecken angeknüpft (Zentralblatt der Bauverwaltung für 1886). Der bauliche Zustand dieses Hauses war mit Rücksicht auf sein hohes Alter ganz ausgezeichnet zu nennen, das Holz hatte insbesondere wenig vom Wurmfraß gelitten. Die Jahreszeit der Fällung des verwendeten Buchenholzes ist nicht angegeben, hingegen finden sich in den Rechnungen Notizen über die Ausgaben für Beschaffung von Salz zur „Beizung" von Brettern, die an einem Kirchturm verwandt wurden; an einer andern Stelle findet sich wieder eine Notiz, nach welcher die Bretter „gesotten" wurden; es scheint also eine Art von Imprägnierung stattgefunden zu haben [2]).

Ausgedehnte Nachweisungen über die Verwendung der Buche zu Bauzwecken in der Gegend des Eichsfeldes hat Oberförster Lauprecht in Krit. Bl. 1865 geliefert. Hier wird die Anwendung besonderer Mittel zur Erhöhung der Dauer des Buchenholzes entschieden geleugnet, ebenso die ausgedehntere Anwendung der Sommerfällung in Abrede gestellt. Zur Erhaltung der alten Gebäude hat nach Lauprecht wesentlich beigetragen, daß das Holz nicht wie heute im Schlusse des Hochwaldes, sondern im weiten und lichten Stande des Mittel- und Plenterwaldes erzogen war, daß man viel stärkeres Holz verbaute, was einen durchgehenden scharfkantigen Beschlag gestattete, daß man Schornsteine nicht kannte, daß man die Balken nicht mit Lehm bewarf und so dem durch das Haus sich verbreitenden Rauche freien Zutritt zum Holze schaffte [3]).

1) A. F.- u. J.-Ztg. 1865, S. 149.

2) Eine Imprägnierung von Brettern mittelst Einlegen derselben in eine durch Mischung von Salz und Kalklösung herzustellende Flüssigkeit wird noch heute in Frankreich zur Konservierung derselben vorgenommen.

3) Vergl. den Aufsatz von Weise, Oe. F.-Ztg. 1886, Nr. 12.

Im Jahr 1864 hat die preußische Regierung die Anstellung von vergleichenden Versuchen darüber angeordnet, welche Fällungs-Art und -Zeit zur Erhöhung der Dauer und Gebrauchsfähigkeit des Buchenholzes am vorteilhaftesten sei [1]).

Aus diesen Untersuchungen, die bis zum Jahr 1876 ausgedehnt worden sind, hat sich ergeben, daß ein erheblicher Unterschied in der Dauer des Winterholzes im Vergleich mit dem Saftholz nicht hervorgetreten ist, daß hingegen trockene Aufbewahrung bei gehörigem Saftumlauf die Bewahrung der Güte des Holzes als Bau- und Werkholz zweifellos herbeigeführt hat [2]).

Wir bezweifeln, daß die Verwendung des Buchenholzes zu Bauzwecken jemals eine ausgedehnte werden wird; das geringere Gewicht des Nadelholzes, die größere Leichtigkeit seiner Bearbeitung, die Möglichkeit, aus den in weit längeren Stammstücken zur Verfügung stehenden Nadelhölzern eine viel bessere Auswahl für die einzelnen Bauholzsortimente treffen zu können, weiter die besondere Sorgfalt, die dem Buchenholz bei der Fällung und Aufbewahrung stets zuteil werden muß, wenn es nicht stockig und rissig werden soll, dazu der an den meisten Orten billigere Preis der Nadelhölzer werden diesen immer das Uebergewicht in der Verwendung zu Bauzwecken sichern, wenn auch im eigentlichen Buchengebiet eine untergeordnete Verwendung des Buchenholzes zu gewissen geringeren Sortimenten, z. B. Sparren, Riegeln, Innenwänden immerhin möglich und ratsam sein wird.

§ 3. Schiffsbauholz. Der Bau hölzerner Schiffe beschränkt sich in der neueren Zeit mehr und mehr auf die Küstenfahrzeuge und Segelschiffe, die jedoch vielfach durch Dampfschiffe ersetzt werden. Bei diesen, insbesondere den Personendampfern, sowie in der Kriegsmarine ist das Holz vollständig durch Eisen- (Stahl-) Konstruktionen verdrängt. Doch werden wohl auch Eisenschiffe, die in die Tropen gehen, außen noch mit Holz bekleidet, da sich dieses leichter von den anhaftenden Seemuscheln etc. reinigen läßt. Auch wird eine Innenbekleidung von Holz wegen Milderung der Temperaturunterschiede für zweckmäßig gehalten.

Hinsichtlich der Benützung deutscher Hölzer zum Bau des Schiffskörpers kann fast nur gutes Eichenholz, weniger Buchenholz, in Betracht kommen, während für Mastholz Nadelhölzer (Kiefer, Fichte und Tanne) Verwendung finden.

In Indien und auf den indischen Inseln wächst das für den Schiffsbau so vorzügliche Teakholz (tectonia grandis); eine weitere Bezugsquelle ausgezeichneten Holzes hat sich seit einiger Zeit in Australien in den daselbst vorkommenden Eucalyptusarten (Blue gum) gefunden.

Die meisten Teile des Schiffsgerippes bestehen aus Hölzern von verschiedener Krümmung; falls die natürlichen Holzgrößen zu gewissen Teilen nicht zureichen, müssen dieselben gut und dauerhaft aus verschiedenen Stücken zusammengeschäftet werden. Für die gekrümmten Hölzer verwendet man zwar gerne Stücke, die schon von Natur krumm gewachsen sind, doch lassen sich durch heiße Wasserdämpfe auch Stämme von sehr ansehnlicher Stärke erweichen und durch Maschinen in die gewünschte Krümmung bringen.

Die Grundlage eines hölzernen Schiffs, gewissermaßen dessen Grundbalken, bildet der Kiel, ein vierkantiger, rechteckiger Balken von bedeutender Stärke und Länge (der Länge des Schiffs entsprechend), aus bestem Eichenholz oder, da er ganz unter Wasser liegt, auch Buchenholz hergestellt, meist zusammengestückt, da Dimensionen bis zu 2 m Seitenkante bei schweren Schiffen vorkommen. Am Vorder-

1) Die betr. Anleitung findet sich A. F.- u. J.-Ztg. 1865, S. 150 ff.

2) v. Alten: Versuche und Erfahrungen mit Rotbuchen-Nutzholz etc. 1895. (Im Auftrag des Ministers für Landwirtschaft, Domänen und Forste bearbeitet.)

ende ist als Fortsetzung der Vordersteven, schräg aufwärts gekrümmt, angefügt, am hinteren Ende mehr senkrecht aufsteigend der Hintersteven.

Die Rippen erheben sich vom Kiel bis zur Höhe des Schiffsrandes und sind meist aus drei oder mehr Teilen zusammengesetzt. Zwei gegenüberstehende Rippen heißen Spanten. Zur Befestigung der Spanten auf dem Kiel dient das Kielschwein, ein auf dem Kiel aufliegender Balken von ähnlichen Ausmaßen, wie der Kiel selbst; zwischen ihm und dem Kielschwein sind die unteren Enden der Rippen eingezwängt. In das Kielschwein werden zugleich die unteren Enden der Masten eingelassen.

Am vorderen Ende des Schiffes steht schräg nach außen das Bugspriet; am hintern Ende senkrecht abwärts, in Angeln drehbar, das Steuerruder, ein starker Balken, an dessen Ende ein breiterer Ansatz ist, der die drückende Wirkung auf das Wasser ausübt. Mancherlei Nebenstücke müssen zur Verbindung eingefügt und eingezapft werden.

Von außen und innen werden die Rippen mit den Planken benagelt; die innere Wandung derselben dient gleichzeitig als Lager für die querüberlaufenden Balken, die das aus Bohlen bestehende Deck zu tragen haben. Die Deckbalken wölben sich schwach nach oben, damit das Wasser vom Deck rasch nach den Seiten hin ablaufen kann. Sie werden meist aus Eichenholz hergestellt, doch verwendet man auch Nadelhölzer, z. B. Pitch-pine-Holz. Zur Befestigung der Deckbalken mit den Planken und zur Unterstützung dienen die Kniehölzer, die jedoch vielfach durch Eisenkniee ersetzt werden. Zur Herstellung der Decke werden nun noch Deckplanken, zumeist aus starken Nadelholzbohlen bestehend, aufgenagelt. Den Rand des Schiffes faßt noch eine Holzwand, welche 1¼—1¾ Meter hoch das ganze Schiff umzieht, ein. Zu diesem Zwecke sind die Rippen schon entsprechend über das Deck emporgeführt und bilden feste Pfeiler für die Holzwand, welche Bord genannt wird.

Alles über den Schiffskörper sich erhebende und zum Tragen der Takelage dienende Holzwerk heißt Rundholz; dasselbe scheidet sich in Masten, Stengen und Raaen.

Mast ist nur der unterste, dickste Teil des Ganzen; die zunehmend schwächer werdenden Aufsätze, welche diesem Teile erst die volle Länge geben, heißen Stengen; Raaen sind die an die Masten aufgehangenen Querbäume, welche die Segel tragen und ausspannen. Die Masten, deren die Schiffe je nach ihrer Größe drei, zwei oder nur einen tragen, werden aus den besten Nadelholzstämmen gezimmert, und die größeren müssen immer gestückt werden, da es Masten von etwa 1 m Durchmesser bei 40—50 m Höhe giebt. Je größer daher der Mast, um so mehr besteht er aus künstlich zusammengesetzten Teilen. Der Zusammenhalt wird durch eine entsprechende Anzahl sehr starker, eiserner Ringe vermittelt.

Auch die größten Raaen sind nicht aus einem Stücke hergestellt, sondern ähnlich den Masten aus Teilen zusammengesetzt.

Bei den eisernen Schiffen werden auch die Masten, wenigstens in ihren unteren dicken Partien, aus Eisen konstruiert, indem man dieselben aus Blech röhrenförmig herstellt, wobei dieselben, obgleich leichter als Holzmasten, doch widerstandskräftiger als diese sind.

Aus der Mannigfaltigkeit der zum Schiffsbau erforderlichen Hölzer folgt, daß der Forstmann unmöglich das zu dieser Verwendung taugliche Holz im Walde zu passenden Sortimenten ausformen lassen kann. Eine Hauptrücksicht ist die, daß man da, wo überhaupt auf den Absatz von Schiffsbauholz zu rechnen ist, die Stämme in

ganzen Längen liegen läßt, selbst wenn dieselben Krümmen haben; letztere können bisweilen den Wert eines Stückes Holz geradezu erhöhen.

Das aus Süddeutschland in großen Mengen nach dem Rhein und von da nach Holland zu Wasser verschickte sog. Holländer Holz, starke Eichen- und Nadelholzstämme, wird noch vielfach zum Schiffsbau verwendet.

Es wurden früher für diese Hölzer sehr beträchtliche Preise gezahlt, die jetzt zum Teil wesentlich gesunken sind [1]).

Für die Flußfahrzeuge, die statt des Kieles einen breiten wagrechten Boden haben, an den die von den Kniehölzern getragenen Schiffswände im scharfen Winkel angefügt sind, bildet die Ausformung dieser Kniehölzer ein Hauptaugenmerk des Forstmannes. Zur Herstellung derselben wird ein in angemessenem Winkel vom Stamm abzweigender Ast oder am Stammende von Fichten ein wagrecht abziehender Wurzelstrang benutzt.

Während für den Bau des eigentlichen Schiffskörpers neben starkem Buchenholz fast ausschließlich Eichenholz in Anwendung kommt, wird zu den Balken und Decken Nadelholz in großen Mengen verwendet. Zu den Masten und Raaen gebraucht man nur Nadelholz. Hierbei findet feinjähriges, gleichmäßig im Schluß gewachsenes Kiefernholz die meiste Beachtung. In Mitteldeutschland werden jedoch zu den Masten der Flußfahrzeuge auch Fichten gern genommen. Lärchenholz ist in jeder Beziehung gleichwertig.

§ 4. Grubenholz. Man versteht hierunter alles beim Bergbau verwendete Holz, welches zur Auszimmerung der Schächte und Stollen, sowie zur Anlage von Förder- und Pumpwerken gebraucht wird.

Da das zu diesen Zwecken verwendete Holz den Einflüssen einer feuchten, warmen und dumpfen Luft ausgesetzt ist, so müßte man eigentlich besonderes Gewicht darauf legen, nur sehr haltbare Holzarten, insbesondere Eichen, zu benutzen. Allein die große Menge des Bedarfs, sowie der bei manchen bergmännischen Anlagen nur vorübergehende Gebrauch derselben, so z. B. kurzer Seitenstollen beim Kohlenbergbau, die man, nachdem die Kohle ausgebaut ist, wieder verfallen läßt, führen dazu, daß man auch Nadelhölzer in großen Mengen benützt.

Unter diesen steht die Lärche im besten Ansehen; der Hauptverbrauch findet aber neben dem Eichenholz in Kiefern statt; da dieses Holz harzreicher ist als Fichtenholz, so widersteht es der Fäulnis mehr als das letztere. Dazu kommt sein meist niedrigerer Preis.

Man sieht meist auf Winterfällung.

Buchen verstocken leicht und sollen den großen Fehler haben, daß sie in gestocktem Zustande nicht, wie andere Hölzer, Warnfähigkeit besitzen, d. h. den Bruch vorher durch Knistern anzeigen; in frischer gesunder Beschaffenheit ist Buchenholz haltbar und wird auch in manchen Kohlengruben, z. B. der Saargegend, in größeren Mengen auf Seitenstrecken, die rasch abgebaut werden, verbraucht.

Im ehemaligen Kurhessen soll man beobachtet haben, daß Buchenholz, das im Frühling bis 1 m Höhe vom Boden im Stehen geschält und sodann nach dem Abtrocknen im Herbst gefällt wurde, sich sehr gut gehalten hat.

Als sehr brauchbar hat sich insbesondere Akazienholz erwiesen, das an

---

1) Besonders berühmt waren die Preise für das Holländer Kiefernholz, das im Hauptsmoor bei Bamberg gewonnen wurde. Vergl. A. F.- u. J.-Ztg. 1851, S. 151, woselbst Ergebnisse einer Versteigerung mitgeteilt werden, aus denen sich ein Preis von 116 Mark für ein Festmeter solcher Kiefern berechnet. Noch 1879 sind Preise von 89 M. pro fm erzielt worden. (Vergl. Z. f. F. u. J. 1884, S. 267).

Dauer der Eiche gleichkommt. Sein Anbau wird darum durch die Grubenverwaltungen empfohlen.

Der Verbrauch des Grubenholzes ist am stärksten in den K o h l e n gruben; von dem Umfange des Bedarfs an Grubenholz kann man sich einen Begriff machen, wenn man aus D o n n e r, Forstliche Verhältnisse Preußens (3. Aufl. S. 64) erfährt, daß im Oberbergamtsbezirk Dortmund im Jahr 1892 nicht weniger als 1 075 529 fm Bergbauholz (darunter 309 633 fm Eichen, 42 735 fm Buchen und 723 161 fm Nadelholz) gebraucht worden sind. Es fällt hierbei ins Gewicht, daß die meisten Holzzimmerungen alle 4—6 Jahre, bei Nadelholzverwendung noch öfter, der Erneuerung bedürfen. Die Haltbarkeit des Holzes wechselt sehr je nach dem Druck des Gebirges. In Schlesien wurde ermittelt, daß auf eine Förderung von 100 Ztr. Kohlen 0,1240 cbm Holz und Schnittmaterial verwandt worden sind. In den Königl. Steinkohlengruben zu Saarbrücken gebrauchte man in den 5 Jahren 1878—82 für je 100 Ztr. Kohlenförderung 0,1325 cbm Holz [1]). Die Förderung von Stein- und Braunkohlen im Deutschen Reich betrug 1898 128 Millionen Tonnen à 20 Ztr. Nach obigen Zahlen würden daher für das Jahr 1898 3,3 Millionen Festmeter Holzverbrauch kommen, bei 3 Festmeter Durchschnittsertrag an Nutzholz pro ha also nachhaltig über eine Million Hektar Wald zur Deckung des deutschen Kohlengrubenholzbedarfs nötig sein.

Die Grubenhölzer werden teils 4seitig, teils nur 2seitig beschlagen, teils auch ganz rund verwendet.

Die gebräuchlichsten Sortimente sind T ü r s t ö c k e, 1—3 m lang, 16—20 cm stark; sie werden 4seitig beschlagen. Auf ihnen ruhen die Kappenhölzer, 1 ½—3 m lang, 13—16 cm stark und zweiseitig beschlagen; ferner verwendet man S t e m p e l in den verschiedensten Dimensionen von 0,6—4 Meter Länge und 8—25 cm Durchmesser. Außerdem werden gebraucht: S c h w e l l e n, 2seitig beschlagen, 0,8—4 m lang, 10—18 cm stark, endlich S p i t z e n oder S c h e i d e n, 1—1 ½ m Länge, 3 bis 10 cm m. D.

Zum Auszimmern der Schächte gebraucht man S c h a c h t h ö l z e r, die 1,25 bis 5 Meter Länge und einen 4kantigen Beschlag von 15—18 cm haben müssen.

Außerdem hat man F a h r t s c h e n k e l oder L e i t e r b ä u m e, S c h a c h t- oder S p u r latten oder S t r o ß bäume als besondere Arten von Schachthölzern nötig, wozu stärkere Hölzer von 6 m ab bei 35—45 cm mittlerem Durchmesser verwandt werden. Zwischen den Geleisen der Förderbahnen bedarf man großer Massen von Brettern, Laufdielen oder Bohlen, wozu mit Nutzen Buchenholz verwendet wird, das wenig splittert. Zu Verschalungen verwendet man Schwarten von Sägewerken in großen Quantitäten.

Die Grubenhölzer gewinnt man teils in Durchforstungen, teils durch Abtrieb ganzer Bestände. Die Forstverwaltung wird sich wohl nur ausnahmsweise darauf einlassen, das Holz in den vom Verkehr gewünschten Sorten ausformen zu lassen, falls nicht etwa ein Verkauf vor der Fällung abgeschlossen ist. In der Regel wird man die Grubenholzstämme und -stangen in ganzen Längen aushalten und es dem Käufer überlassen, die Ausformung in die seinen Zwecken dienlichen Sortimente selbst zu bewirken.

Alles Grubenholz muß fest und gerade sein, nur die Türkappen können etwas Biegung haben.

Eichenholz verwendet man fast nur noch in den Hauptstrecken; wo besonders lange Haltbarkeit derselben erreicht werden soll, mauert man sie wohl auch aus; statt des Holzes verwendet man auch Eisen.

1) Z. f. F. u. J. 1885, S. 414.

§ 5. Holzverbrauch zum Erd-, Brücken- und Wasserbau. Bei diesen Verwendungsarten wird das Holz in der Erde und im oder am Wasser verwendet.

Es schlagen in dieses Gebiet die Rostbauten, die Wegebauten, der Eisenbahnbau, die Straßenpflasterung, der Brücken- und Wasserbau, die Verwendung als Masten und Leitungsstangen.

In weichem, feuchtem Baugrund bedarf man der Roste zur sicheren Grundlegung der Bauwerke. Dauerhafte Grundpfähle aus Eichen-, Kiefern- oder Lärchen-, sowie bei konstanter Nässe auch aus Erlenholz werden eingerammt und auf ihnen Schwellen eingezapft, die man aus Eichen- oder altem Kiefern-, seltener Weißtannenholz herstellt. Es finden hier Hölzer von 20—30 cm Stärke als Rostpfähle Verwendung.

Zum Wegbau wird Holz neuerdings nur noch in sehr untergeordnetem Umfang, insbesondere zum Belegen feuchter Stellen, in steinarmen Gegenden verwendet: 15 bis 20 Zentimeter starke gerade Stangen von Fichten, Tannen, Kiefern oder Erlen werden querüber mit etwas schwächeren, der Breite der Wege entsprechenden Knüppeln (Prügeln) belegt (Knüppel- oder Prügelwege). Auch gebraucht man Stangen zu Wasserableitern und Sickerungen, sowie als Pfähle zur Befestigung von Böschungen und Faschinen in ganz sumpfigen Partien. Alle diese Bauten sind Notbehelfe bei Mangel an Steinen und bei der Absicht billigen Baues.

Beim Eisenbahnbau bedarf man der Schwellenhölzer. Die Lieferung der Eisenbahnschwellen erfordert beträchtliche Mengen von Holz, auch wenn neuerdings eine gewisse Konkurrenz durch die mehr und mehr in Aufnahme kommende Verwendung eiserner Bahnschwellen eingetreten ist.

Für das Betriebsjahr 1897/98 wird die Eigentumslänge aller deutschen Eisenbahnen zu 51 904 km angegeben, die Geleiselänge auf 93 844 km. Hiervon entfallen auf Vollbahnen 81 739 km, von denen 62 004 auf hölzernen, 19 293 auf eisernen Schwellen und 443 km auf Steinwürfeln liegen (72,1 Millionen Holz-, gegen 22,6 Millionen Eisenschwellen). Von 72 Mill. Holzschwellen entfallen 41 Mill. auf Nadelholz (56 %), 28 Mill. auf Eichen (39 %), 3 Mill. auf Buchen (5 %). 88 % waren imprägniert, 12 % nicht. Die Verwendung von Eichenholz nimmt stetig ab, die von Buchen- und Nadelholz zu. Im ganzen ist aber die Zunahme der Eisenschwelle größer als die der Holzschwelle. Von 1887 bis 1897 haben die Geleise auf Holzschwellen sich nur um 20 %, hingegen diejenigen auf eisernen Schwellen um 129 % vermehrt [1]). Nimmt man die mittlere Dauer einer Schwelle zu 10—12 Jahren an, so erfordert die Erhaltung des Oberbaues jährlich ca. 5 Millionen Schwellen, wozu, da aus 1 Festmeter Rundholz etwa 6 Schwellen gearbeitet werden können, über 1 100 000 Festmeter Schwellenholz benötigt werden. Rechnet man einen Durchschnittsertrag von 2 fm Nutzholz je Hektar, so würden nach dieser Annahme 550 000 ha Wald zur Lieferung des jährlichen Bedarfs an Schwellen erforderlich sein.

Da die Waldfläche in Deutschland etwa 14 Millionen Hektar beträgt, so würde die Erzeugung des nötigen Schwellenholzes, wenn dasselbe ausschließlich in Deutschland gewonnen werden sollte, zwar nur $^1/_{25}$ der gesamten Waldfläche in Anspruch nehmen, allein immerhin ist örtlich die Abgabe von Hölzern zur Schwellenfabrikation, insbesondere im Gebiete des Eichenwaldes, von besonderer Bedeutung.

Man unterscheidet gewöhnliche Bahn- oder Stoßschwellen und sog. Weichenschwellen; die ersteren haben eine Länge von 2,5 m, die letzteren sind länger und werden von verschiedenen Maßen (bis 5 m) gebraucht: man rechnet die untere Breite

1) Die deutschen Eisenbahnen im Betriebsjahr 1897/98 (Mitteilung von Dr. Laspeyres in Ztschr. f. F.- u. J.-W. 1901, S. 626).

der Schwelle zu 26 cm (geringere Klassen bis zu 24 cm), die Höhe beträgt 16 cm, die untere Fläche, sog. Lagerfläche, muß durchaus vollkantig sein, an der oberen Fläche wird beiderseits 5 cm Waldkante zugelassen.

Man verlangt kerniges, festes, gesundes Holz, das keine Astlöcher hat. Eine kleine einseitige Krümmung ist zulässig; die Lager- und die oberen Flächen müssen jedoch eben sein.

Nach einem vom Minister der öffentlichen Arbeiten in Preußen unter dem 6. Juli 1885 erlassenen Reskript wird vorausgesetzt, daß die Fällung des Schwellenholzes innerhalb der Zeit vom 1. November bis 1. März liegt.

Was nun die zu Schwellenholz geeigneten Holzarten anlangt, so kommt in erster Reihe die Eiche, ferner die Kiefer, untergeordnet die Buche in Betracht. In Frankreich werden auch Schwellen aus Kastanienholz benützt; sehr dauerhafte Schwellen hat man aus Quebrachoholz hergestellt.

Vergleichende Versuche der französischen Ostbahn mit imprägnierten Schwellen verschiedener Holzarten haben folgendes ergeben. Die Haltbarkeit betrug für:

Kiefer	15 Jahre im Hauptgeleise	und	5 Jahre im Nebengeleise
Eiche	18 Jahre „	„	7 Jahre „
Buche	20 Jahre „	„	10 Jahre „

Die Buche hat sich somit bei guter Imprägnierung als haltbarste Holzart erwiesen.

Auf den meisten deutschen Bahnen verwendet man Eichenschwellen, auf Nebenbahnen jedoch auch Kiefern, im Lärchengebiet wohl auch Lärchen. Außerdem hat sich die Buchenschwelle an manchen Orten eingebürgert; mehr als in Deutschland wird dieselbe in Frankreich verwendet [1]); auch auf den niederländischen Bahnen hat man in ausgedehnter Weise Buchenschwellen, die mit Kreosot imprägniert waren, in Verwendung gebracht. Sehr gute Erfahrungen mit Rotbuchenschwellen, die mit karbolsäurehaltigem Teeröl getränkt waren, sind in Elsaß-Lothringen gemacht worden; hier hat sich insbesondere eine längere Haltbarkeit als bei den Eichenschwellen erwiesen (Mitteilungen des Landforstmeisters von Berg), was darin liegen soll, daß die Buchenschwelle tränkfähiger ist und daher mehr Teeröl aufnimmt, als die Eichenschwelle. Eine Eichenschwelle nimmt 11 kg Imprägnierungsflüssigkeit (Teeröl) auf, eine Buchenschwelle dagegen 36 kg. Daher hat auch die Imprägnierung sehr verschiedenen Einfluß auf die Kosten für die Schwelle:

	Eiche	Buche	Kiefer
eine Schwelle, bearbeitet, aber roh kostet:	5,50 M.	3,30 M.	3,35 M.
die Imprägnierung:	1,00 M.	2,40 M.	0,80 M.
Daher die imprägnierte Schwelle:	6,50 M.	5,70 M.	4,15 M.

Da die aus Buchenholz gearbeiteten Schwellen zur Erhöhung ihrer Dauer imprägniert werden müssen, so gilt es als ein wesentliches Erfordernis, daß das Rohholz nicht mit dem, in Buchenbeständen nicht selten auftretenden, roten Kern behaftet ist, weil in diesem Fall das Holz sich nur schwer und unvollkommen imprägnieren läßt [2]).

Für die größere Rentabilität des deutschen Buchenwaldes ist die gesteigerte Einbürgerung der Buchenbahnschwellen von großer Wichtigkeit. Leider sind nicht allenthalben die Auffassungen der Eisenbahntechniker einer solchen günstig. Insbesondere will man auch Schwellen mit versteckten Fehlern gefunden haben, derart,

---

1) Vergl. A. F.- u. J.-Z. 1867, S. 66; ferner Weise: Die Buchennutzholzfrage. Z. f. F. u. J. 1881, S. 545, sowie Z. f. F. J. 1884, S. 196.

2) Vergl. Wilbrand: Nutzholzwirtschaft im Basaltgebiet des Vogelsberges. A. F.- u. J.-Z. 1885, S. 147.

daß solche, von außen gesund aussehend, doch brachen und dadurch den Eisenbahnbetrieb gefährdeten.

Was den oben erwähnten roten Kern anlangt, so beruht derselbe auf einer, von Verletzungen, Astwunden, Wasserlöchern in Zwieseln und Astgabeln ihren Anfang nehmenden Bildung, die von manchen (R. Hartig) für den Beginn einer Zersetzung, von Herrmann (Zeitschr. f. F. u. J.-Wesen 1902, S. 596 ff. „Ueber die Kernbildung bei der Rotbuche") für eine durch sog. Wundgummi veranlaßte Schutzbildung gegen das Eindringen holzzerstörender Pilze gehalten wird. Nach Herrmann (a. a. O. S. 617) sollen auch Stammstücke mit rotem Kern, wenn sie nur astfrei sind, ohne Bedenken zu Eisenbahnschwellen benutzt werden können, sofern sie ordentlich ausgetrocknet sind und der Splint gehörig mit Teeröl getränkt wird.

Die Bahnschwellen werden am vorteilhaftesten aus mittelstarkem Holze gefertigt; bei ihm fällt am wenigsten Abfallholz in die Späne. Man kann annehmen, daß ein Rundholzstück liefert bei:

28 cm D.	an Schwellen —	1 Stück	(einschwelliger Block, unvorteilhaft)
38 ,, ,,	,, ,,	2 ,,	(zweischwelliger Block, vorteilhafteste Stärke)
48 ,, ,,	,, ,,	3 ,,	(mehrschwellige Blöcke)
56 ,, ,,	,, ,,	4 ,,	

Eine Schwelle hat 0,04 qm; somit finden folgende Ausnutzungsverhältnisse statt:

28 cm D.	= 0,06 qm	enthält 0,04 qm	oder 66⅔%	nutzbares Holz,
38 ,, ,,	= 0,11 ,,	,, 0,08 ,,	,, 73 %	,, ,,
48 ,, ,,	= 0,18 ,,	,, 0,12 ,,	,, 66⅔%	,, ,,
56 ,, ,,	= 0,25 ,,	,, 0,16 ,,	,, 64 %	,, ,,

Es fällt hiernach bei der Schwellenholzbearbeitung 27—36% des Rundholzes in die Späne und es zeigt sich, daß mittelstarkes Holz (38 cm m. D.) am vorteilhaftesten ist, weil es den geringsten Abfall hat (siehe oben).

Ob der mit den hölzernen Schwellen mehr und mehr in Wettbewerb tretende eiserne Oberbau die Holzschwelle in erheblichem Maße verdrängen wird, bleibt abzuwarten. Tatsache ist, daß mit den Eisenschwellen eine größere Abnutzung des rollenden Eisenbahnmaterials verbunden ist als mit Holzschwellen, da jene weniger Elastizität haben und dem auf sie wirkenden Drucke nicht ausweichen. Nach belgischen Erfahrungen, mitgeteilt auf dem 1885er internationalen Eisenbahnkongreß in Brüssel, wird den eisernen Schwellen nicht nur der Vorwurf der geringeren Solidität und Festigkeit gemacht, sondern auch angegeben, daß sie teurer und schwieriger zu unterhalten seien als Holzschwellen. Insbesondere fällt hier das Zerschlagen des Schotters beim Krampen ins Gewicht, das es notwendig macht, die Strecken von Zeit zu Zeit neu zu beschottern, ein Aufwand, der bei der Holzschwelle wegfällt. Aehnliche Erfahrungen wie mit den Eisenschwellen hat man mit Steinquadern gemacht.

Zur Straßenpflasterung verwendet man neuerdings auch in Deutschland Holzwürfel, nachdem schon längst in Amerika, Frankreich (Paris) und England in ausgedehntem Maße von diesem Material Gebrauch gemacht worden ist. Besonders sind in Berlin seit 1873 verschiedene Versuche gemacht worden. Es wurden auf einer isolierenden Betonschichte von 20 cm Stärke, welche die Ebenheit des Pflasters sichern und die verderbliche Wirkung der Feuchtigkeit abschneiden soll, teils Würfel der amerikanischen yellow pine (Pinus Jeffreyi, Jeffreys Kiefer), teils solche der deutschen Kiefer, 18 cm hoch geschnitten, imprägniert mit Teer und Kreosotöl, als Hirnholz, sodaß die Längsfasern aufrecht stehen, gelegt, hierauf mit Kies über-

fahren und gewalzt. 1886 wurde eine Pflasterung mit imprägnierten Buchenholzwürfeln ausgeführt, welche aus den Forsten des Fürsten v. Bismarck stammten.

Auch in Frankfurt a/M. sind Versuche mit Buchenholzpflaster gemacht worden, die 18 Mark Kosten pro qm — gegen 12 Mark Kosten pro qm für Basaltpflaster ergaben (cf. R e i ß in A. F.- u. J.-Z. 1887 S. 71).

Das Holzpflaster vermittelt ebenso wie Asphalt einen geräuschlosen Verkehr, gestattet jedoch den Pferden einen sichereren Tritt, indem es das Eingreifen der Hufe erleichtert und so das Stürzen der Pferde verhindert. Seine Einführung würde, falls deutsches Buchen- und Kiefernholz sich bewährte, der besseren Ausnutzung mancher Wälder guten Vorschub leisten. Die Kälte verschiedener Winter in den 1890er Jahren hat das Holzpflaster in Berlin und andern Städten sehr in Mißkredit gebracht, indem dasselbe vielfach zerrissen und auseinandergetrieben wurde. Buchenpflaster nutzt sich zudem leicht und ungleichmäßig ab und wird bald holperig. Auch Schmutz und Staub werden in der bald filzig werdenden Oberfläche in besonderem Maße festgehalten, was die Reinigung erschwert. Von ausgedehnter Verwendung des Holzpflasters ist man in Berlin zurückgekommen. In Paris hingegen scheint sich das Holzpflaster, zu dem neben fremdländischen Nadelhölzern namentlich pinus maritima verwendet wird, bewährt zu haben.

Eine besondere Empfehlung des B u c h e n h o l z e s zu Straßenpflaster veröffentlichte J a n k a im „Zentralblatt für das gesamte Forstwesen" 1902 (Oktober- und Novemberheft). Durch geeignete Imprägnierung soll das Schwinden, Quellen und Werfen verhindert und das Reißen desselben beseitigt werden. Die Dauer wird als hoch und die Abnutzung als gering geschildert.

Der W a s s e r b a u bedarf ansehnlicher Quantitäten von Holz zur Herstellung von Uferbefestigungen, zu Schleusen und Wehrbauten. Viele Uferbefestigungen stellt man durch Steinpackungen her, wobei öfters zunächst ein Holzrost einzurammen ist. Umfängliche Uferbauten von Holz kommen in Holland vor, wo vielfach sumpfiger und mit keinem haltbaren Untergrund versehener Boden vorherrscht. Zu diesem Zwecke gehen aus Mittel- und Süddeutschland viele Eichen- und Nadelhölzer in Form von Pfahlholz und stärkerem Rundholz auf dem Rhein dorthin.

Ausgedehnter Verbrauch von Holz zu Wasserbauten findet ferner in Gebirgsgegenden statt, in denen Holzflößerei betrieben wird. Insbesondere sind es hier die Uferbefestigungen, die namhafte Mengen Holz in Anspruch nehmen; außerdem wird solches zum Bau der Rechen, sowie zu leichteren Stau- und Schleusewerken benutzt [1]).

Zu den bei der Holzflößerei vorkommenden Bauten verwendet man zumeist Fichten- und Tannenholz und gibt letzterem den Vorzug, da es sich im abwechselnden Zustand der Nässe und Trockenheit besser als ersteres hält.

Bei den anderen Wasser- und Brückenbauten findet Eichen- oder ausgewachsenes harzreiches Kiefernholz Verwendung. Zu Pfeilern u n t e r W a s s e r (Piloten) eignet sich auch Buchenholz, namentlich wenn es im Saft gefällt und sofort verbaut wird; dasselbe soll steinhart werden. Ebenso ist Erlenholz bei ausschließlicher Verwendung unter Wasser (z. B. für Roste) zu gebrauchen. Der B r ü c k e n b a u erfordert bestes Eichen- und Nadelholz; zum Belag von Brücken werden neuerdings auch Bohlen aus Buchenholz gerühmt. Die an der Kölner Rheinbrücke gemachten Erfahrungen haben ergeben, daß Buchenbohlen sich zwar abreiben, aber

---

1) Darstellung der Holzbringungsmittel in den Kgl. Bayerischen Salinenwaldungen, herausgegeben vom bayerischen Ministerialforstbureau 1860, Teil II, sowie G a y e r s Forstbenutzung, 9. Aufl., S. 261 ff. u. S. 297—335.

nicht in dem Maß splittern wie Eichenbohlen. Die Dauer der letzteren war 2½jährig, der ersteren 3jährig. Da der Festmeter Buchenbohlen sich auf nur 41 Mark, hingegen der Festmeter Eichenbohlen auf 87 Mark stellte, so ergab sich mit Rücksicht auf die längere Dauer der Buchenbohlen bei ihrer Anwendung eine Ersparnis von 59%.

In das Gebiet des Wasserbauholzes gehören noch die Faschinen, d. h. drei und mehr Meter lange Reisigbunde, welche aus langen schlanken Ruten ohne Laub, die sich leicht zusammenlegen lassen, zu Wellen gebunden werden. Am gesuchtesten sind Faschinen aus Weiden, die gerade und schlanke Triebe haben. Auch schwache Nadelhölzer, Aeste alter Fichten, sowie Stockausschläge der Rhamnusarten, der Erlen und Haseln u. dergl. eignen sich sehr gut dazu, am wenigsten hingegen sperrige Astreiser.

Zur Befestigung der Faschinen verwendet man Buhnenpfähle, 1—2 m lang und 5—8 cm stark, aus Kieferndurchforstungshölzern, Erlen etc. gefertigt. Dieselben werden durch die Faschinen hindurch in den festen Grund eingeschlagen.

Zunehmende Bedeutung gewinnt die Verwendung des Holzes zu Masten und Leitungsstangen für Telegraph, Telephon, elektrische Starkstromleitungen usw. Verwendet werden Nadelholzstangen und -stämme besonders der Fichte und Tanne, bis zu den stärksten Dimensionen. Die in den Boden gelangenden Enden werden imprägniert; neuerdings finden auch in Beton und Eisen konstruierte Halter Verwendung, in welche die Stangen eingeschraubt werden, ohne den Boden zu berühren, so daß ein Hauptgrund ihrer Verderbnis, die unmittelbare Berührung mit der feuchten Erde, wegfällt und dadurch die Haltbarkeit bedeutend erhöht wird.

§ 6. Spaltholz. Zur Herstellung von Gefäßen für Aufbewahrung von Flüssigkeiten (Fässer, Bottiche u. dergl.) verwendet der Böttcher (Küfer, Kübler) vorwiegend spaltiges, möglichst astfreies Eichenholz in kürzeren oder längeren Stücken. Das Ausspalten der Faßhölzer, der sog. Dauben, sowie auch der Bodenstücke, erfolgt nach der Richtung der Markstrahlen, nicht nach der Sehne des Holzes, weil im letzteren Falle die Gefäße durchlässig gegen Flüssigkeit sein würden.

Langsam erwachsenes, ganz feinjähriges Eichenholz ist minder dicht als weitringiges.

Kleinere Gefäße für den Haushalt (Butten, Kübel, Eimer, Wannen) werden von Nadelholz verfertigt, wobei der Fichte der Vorzug gegeben wird.

Buchenholz wird ebenfalls zu Böttcherware, insbesondere zur Herstellung von Packfässern verwandt. Der Butterhandel Schleswig-Holsteins und Mecklenburgs bedarf großer Mengen von Buchenfässern. Auch Seefische werden vielfach darin versandt. Allgemein geschätzt vor anderem Holz wird das Buchenholz für Packgefäße zur Aufnahme von Lebensmitteln verschiedener Art wegen seiner Geruchlosigkeit.

Außerdem verpackt man in solche: Zement, Seife, Salz, Erze, Eisenwaren und dergl. [1]; auch kommt Petroleum vielfach in Buchenfässern zum Versand.

In Ungarn soll Buchenholz zu Faßdauben, selbst zu Bierfässern in ausgedehnter Verwendung stehen; die Faßdauben werden jedoch vor der Bearbeitung mit Wasserdämpfen ausgelaugt [2]).

Die Dauben zur Anfertigung von Fässern, die zur Aufnahme trockener Gegenstände bestimmt sind, werden nicht gespalten, sondern durch die Kreissäge in den erforderlichen Dimensionen geschnitten, da es hier nichts schadet, wenn der Schnitt

1) Weise, Buchennutzholzfrage in Z. f. F. u. J. 1881, S. 543.

2) A. F.- u. J.-Z. 1865, S. 463.

nicht in radialer Richtung geführt ist; auch hat man zur Herstellung der Faßdauben besondere Maschinen.

Bei ungewöhnlich großen Gefäßen, selbst wenn dieselben zur Aufnahme von Flüssigkeiten bestimmt sind, können die einzelnen Bestandteile nicht durch Ausspalten gewonnen werden, sondern man fertigt dieselben aus geschnittenen Bohlen.

Zum Binden der Böttcherwaren dienen Reife; bei größeren und schwereren Fässern und Bottichen verwendet man Eisenreife, außerdem solche von schlanken spaltigen Stockausschlägen der Birken, Haseln, Weiden, wohl auch Eichen.

Spaltholz wird außer zur Herstellung von Böttcherwaren benutzt zur Fertigung von Siebrändern und Schachteln; hierzu wird meist Fichten- und Tannenholz verwandt. Mit dem Seltener- und Teurerwerden der schönen astfreien und spaltigen stärkeren Stämme nimmt die Herstellung größerer Schachteln, die besonders wertvolles Holz beansprucht, das im Groben ausgespalten, mit dem Schnitzmesser glatt gearbeitet und alsdann in die den Schachteln eigentümliche runde oder ovale Form gebogen wird, mehr und mehr ab, zumal dieselben durch billigere Kisten oder Pappschachteln vielfach leicht ersetzt werden; kleinere Schachteln, insbesondere Zündholzschachteln, beanspruchen weniger wertvolles Holz. Dieselben werden zwar auch aus glattem Holz hergestellt, allein man gewinnt die Bänder nicht durch Spalten, sondern diese werden durch besondere Hobel in den den Schachteln entsprechenden Größen hergestellt und es ist daher die Spaltbarkeit des Holzes kein unbedingtes Erfordernis mehr. In ähnlicher Weise, nämlich durch Abschälen mit Hilfe von Hobeln werden auch die Späne zu den Schiebkästchen, die zur Aufnahme der schwedischen Zündhölzer dienen, hergestellt. Man verwendet dazu Aspen-, in Deutschland auch Pappel- und Nadelholz, besonders Weymouthskiefer.

Die gleiche Herstellung haben Späne für Etuis, Degenscheiden, Schuhsohlen, Spiegelbelege, sowie die für Bierbrauerei und Essigfabrikation wichtigen Klärspäne, aus Hasel- oder Buchenholz, die an manchen Orten einen beachtenswerten Verbrauch von Buchennutzholz hervorrufen.

In holzreichen Gegenden wird durch die Schindelfabrikation eine beträchtliche Menge von Spaltholz verarbeitet. Die Schindeln dienen zur Dach- und Wandbekleidung, man läßt sie beim Auflegen derart übereinandergreifen, daß die Fugen stets gedeckt sind. Sie werden aus spaltigem, astreinem Fichten- und Tannen-, wohl auch Lärchen-, seltener Buchenholz radial ausgespalten und mit dem Schnitzmesser geglättet. Auch gibt man ihnen durch ein besonderes Schindelmesser auf der einen Seite eine Nut, auf der anderen Seite schneidet man eine scharfe Kante (Feder), so daß gegenseitiges Eingreifen stattfindet. Auf Sägewerken stellt man Schindeln durch Bearbeitung mit der Kreissäge oder besonderen Maschinen (Gangloffsche Schindelmaschine) her. Da dieselben jedoch nicht in der Richtung der Radien gearbeitet, sondern öfters schief über die Jahrringe geschnitten sind, so werfen sie sich und reißen leichter, haben daher nicht den Wert und die Haltbarkeit der Handschindeln. Die Maschinenschindeln werden jedoch als Unterlage für Schieferbedachung begehrt.

Zur Instrumentenfabrikation bedarf man des Resonanzholzes, zu dem sich gleichmäßig langsam erwachsenes, mit nicht zu breiten Jahrringen versehenes astreines und spaltiges Holz von Fichten oder Tannen besonders eignet. Dasselbe wächst namentlich in höheren Gebirgslagen, so z. B. in Böhmen, ebenso im bayrischen Wald [1]).

1) Im Z. f. d. ges. F. 1884, S. 155 wird auf die Haselfichte, eine Spielart der gewöhnlichen Fichte, aufmerksam gemacht, welche zu Resonanzholz besonders geeignet sei, indem sie die Reinheit des Klanges befördere; dieselbe soll in Kärnten und Bosnien vorkommen und sich äußerlich durch weißgelbe Frühjahrssprossen, oft auch trauerweidenartige Beastung auszeichnen.

Holzdraht nennt man die aus glattem Holz hergestellten feinen Stäbe, die zu Jalousien, Rouleaux, Tischdecken, in kurzem Zustand aber in großen Massen zu Streichhölzern verwendet werden. Vielfach eignen sich hierzu noch die bei der Resonanzholzfabrikation vorkommenden Abfälle. An anderen Orten wird Aspenholz in großen Mengen benutzt. Die Herstellung erfolgt durch Hobel, die keine glatte Schneide, sondern statt derselben nebeneinander scharfe Röhrchen haben, deren jedes je einen runden Holzdraht von dem Rohholz abstößt. Für die schwedischen Streichhölzer werden auf Drehbänken bandartige Streifen von Rundholz (meist Aspe) dünn abgeschält und alsdann entsprechend zerkleinert. Eine Zukunft in der Zündholzfabrikation (für Herstellung schwedischer Zündhölzer) spricht Mayr der Weymouthskiefer zu, die in Zündholzfabriken als „Korkkiefer" Eingang gefunden hat [1]).

Zu den Spaltwaren sind endlich noch die Holzstifte zu rechnen, die namentlich für Schuhmacher in großen Massen aus Birken-, Ahorn- und Hainbuchenholz gewonnen werden.

§ 7. Verwendung des Holzes zur Schreinerei und den verwandten Betrieben, sowie zum Glaser- und Wagnergewerbe.

Der Schreiner liefert vornehmlich Arbeiten zum inneren Ausbau der Häuser, sowie den größten Teil der Hausgeräte und Möbel. Er verarbeitet sog. Schnittwaren, die auf den Sägewerken aus Stammholz hergestellt werden. Ueberwiegend ist hierbei der Verbrauch von Nadelholzschnittware, doch werden auch Eichen-, Buchen-, zur Möbelfabrikation außerdem noch Ahorn-, Ulmen-, Lärchen-, Nußbaum-, sowie wertvolle ausländische Hölzer (Mahagoni, Rosenholz etc.) in großer Menge verarbeitet.

Getrennt zu behandeln sind Bau- und Möbelschreinerei.

Der Bauschreiner verwendet zu Fußböden vorwiegend Nadelholz, seltener Eiche und Buche. Fichte und Kiefer haben den Vorzug vor der mehr splitternden und weniger glatten Tanne. Statt der gewöhnlichen Dielen kommen mehr und mehr Parkett- und Riemenfußböden in Aufnahme, wozu die Hölzer (Eiche und Buche) in schmalen, kurzen Brettchen (Riemen) geschnitten werden, die teilweise glatte Seitenwände, teils solche mit Nut und Feder haben.

Die Verwendung der Buche zu Dielungen wird im Gebiete ausgedehnter Buchenhochwaldungen mit Eifer zu fördern gesucht. Ueber die Erfolge wird die Zukunft entscheiden. Es wird gegen sie geltend gemacht, daß infolge der schwierigeren Bearbeitung der Buche, sowie der für wirklich gutes Buchenholz schon jetzt nicht gerade niedrigen Preise, Buchendielung keineswegs durch erhebliche Billigkeit sich auszeichnet. Zu Treppenstufen ist die Buche neben der Eiche ohne Zweifel sehr geeignet, nicht minder zu Treppenwangen. Ebenso bewährt sie sich vollkommen zu Parkettfußböden in imprägniertem Zustande. Nur muß die Eigentümlichkeit des Buchenholzes, daß es auch nach guter Austrocknung noch leicht sein Volumen durch Aufnahme von Wasserdampf vergrößert, beachtet werden, indem längs der Wände ein kleiner Raum frei bleibt, den das sich ausdehnende (arbeitende) Buchenholz einnehmen kann [2]).

Zu Vertäfelungen in modernen vornehmen Häusern findet Eichenholz, wohl auch Lärche, Arve Verwendung.

Zur Möbelschreinerei verlangt man am meisten Nadelholz bester

1) Allg. F.- u. J.-Ztg. 1904, S. 351.

2) Ueber Erfahrungen bezüglich der Verwendung von Buchenholz für Dielungen s. v. Alten, Versuche und Erfahrungen mit Rotbuchen-Nutzholz 1895, S. 35 ff.

Qualität, insbesondere zur Herstellung der die Hauptmasse des Verbrauchs bildenden geringeren Möbel.

Auch die wertvolleren Möbel werden selten massiv aus teuerem Hartholz (Eichen-, Nußbaum-), sondern aus Blindholz (Nadelhölzer, Pappel) hergestellt, auf welch letzteren die Fourniere wertvoller, zum Teil ausländischer Hölzer aufgeleimt werden. Auch hier wie in so vielen Gegenständen der modernen Lebenseinrichtungen ist die Mode tonangebend. Während früher Mahagoni, später Nußbaum (namentlich der schön gemusterte amerikanische Nußbaum) eine Hauptrolle spielte, wird neuerdings Eichenholz zu den in besonderer Gunst stehenden Renaissançemöbeln verwendet.

Einer Erwähnung bedürfen noch die aus g e b o g e n e m B u c h e n h o l z zuerst durch die österreichische Firma Gebrüder T h o n e t hergestellten sog. Wiener Möbel, deren Fabrikation auch in Deutschland (z. B. Sachsen) mit Erfolg versucht worden ist. Die zu diesen Möbeln verwendeten Buchenhölzer werden aus glattem, langschäftigen Buchenholz in Form von Latten ausgeschnitten, durch Dampf ausgetrocknet, mit Hilfe von Maschinen rund gehobelt und in erhitztem Zustande gebogen; die Verbindung der einzelnen Teile untereinander erfolgt lediglich durch Verzapfung und Verschraubung.

Diese Industrie scheint nur da mit Erfolg einführbar zu sein, wo schönes Buchenholz stärkerer Dimensionen noch billig zu haben ist. Auch die Thonetschen Fabriken beziehen das Material meist aus dem holzreichen Osten der österreichischen Monarchie.

Bedeutende Mengen von Holz bedarf man zur H e r s t e l l u n g v o n K i s t e n und Packfässern. Die Kistenbretter werden insbesondere in großen Mengen durch die Sägewerke aus ihren Abfällen (Schwarten) hergestellt, doch werden auch ganze Stämme zu Kistenbrettern usw. verarbeitet. Wegen ihrer Leichtigkeit haben Nadelhölzer, sowie Pappeln und Aspen den Vorzug. Mengen von schwachen Kistenbrettchen werden jedoch auch aus Buchenholz gewonnen, so z. B. für die in südlichen Ländern, insbesondere in den Hafenplätzen des mittelländischen Meeres zur Verpackung und zur Ausfuhr von Früchten dienenden Kistchen, die vielfach aus Oesterreich bezogen werden (sog. Tavoletti).

Kistchen von geringen Dimensionen zum Verpacken von Parfüms, Seifen etc. sowie Farbkasten, ferner Schatullen werden im großen in Fabriken verfertigt, und es kommen hierbei neben Nadelhölzern auch Erlen, Ahorn und sonstige bessere Laubholzarten zur Verwendung. Zu Zigarrenkisten werden vielfach Erlen, für die besseren gewisse Sorten des sog. „roten Zedernholzes", einer dem Mahagoni verwandten Laubholzart, verwandt. Zu Jalousiebrettern nimmt man Nadelholz; besonders geeignet ist hier die Weymouthskiefer, denn sie ist leicht und wirft sich nicht.

Der G l a s e r braucht zu Fensterrahmen ein gleichmäßig erwachsenes, den Einflüssen der Witterung widerstehendes, dem Reißen und Werfen nicht ausgesetztes Holz; er bevorzugt Eiche und ganz besonders Kiefer, auch Lärche ist brauchbar; den Hauptbedarf liefert das engringige, ausgewachsene, kernige Kiefernholz, das auf ärmerem Boden langsam erwachsen ist. (Polnische Kiefer.)

Der W a g n e r verwendet vorwiegend Laubhölzer, unter diesen besonders E s c h e und E i c h e, aber auch Buche, Ulme, Hainbuche und Birke, sowie schwächeres Nadelholz; die Hölzer müssen gesund, fest und zähe sein, damit sie, ohne zu brechen, einer größeren Gewalt widerstehen können.

Von erheblichem Umfang ist der Bedarf an Wagnerholz gerade nicht; dagegen ist dieses vorwiegend ländliche Gewerbe, das nicht allein Wagen, sondern auch ländliche Geräte aller Art fertigt, für die Forstwirtschaft ein sehr erwünschter, ja wertvoller Abnehmer für schwache Nutzhölzer aller Art: Eichen-, Eschen-, Birken- und

Nadelholzstangen, schwache Eichenstämme (sog. „Wagnereichen"), Eschen- und Birkenstämme, starke kurze Abschnitte, Spalt- und Krummhölzer usw. der verschiedensten Holzarten. Manches, was früher aus Holz verfertigt wurde, stellt man jetzt aus Eisen her; so z. B. die Achsen, die gegen hölzerne nicht nur eine weit größere Dauer, sondern, da sie weniger Reibung verursachen, auch einen leichteren Gang gewähren.

Der gewöhnliche Wagen besteht aus den Rädern, dem Gestell, der Langwiede und der Deichsel.

Die Räder haben in der Mitte die Nabe, die aus einem durchbohrten und metallgefütterten Eichen-, Ulmen- oder Eschen-Rundstück besteht; in dieselbe greifen die Speichen ein, die auf der äußeren Seite in dem aus einzelnen Teilen (Felgen) zusammengesetzten Kranz befestigt sind.

Die Speichen fertigt man aus zähem ausgespaltenen Jungeichen- oder Eschenholz, bei Luxuswagen aus Hickory (Carya alba), das Leichtigkeit und Festigkeit in sich vereinigt.

Die Felgen werden aus gesunden spaltigen Buchenscheiten im Rohen abgespalten, so daß der Kern abfällt; die Rindenseite bildet die äußere Krümme der Felge. Zur Herstellung der nötigen Krümme wird beiderseits entsprechend abgespalten.

Die Herstellung der Felgen erfolgt in ausgedehnten Buchenwaldungen in großen Mengen zum Zwecke des Handels.

Neuerdings kommt es (insbesondere beim Luxuswagenbau) auch vor, daß der Radkranz nicht mehr aus Felgen zusammengesetzt, sondern aus einem Stück gedämpften und durch starke mechanische Kraft gebogenen Holzes geformt wird [1]).

Ueber den Achsen liegen nun die Vorder- und Hintergestelle der Wagen; dieselben werden durch die Langwiede verbunden. Die Zugvorrichtung besteht aus den Deichselarmen und der Deichsel. Zur Ausrüstung der Last-Wagen gehören endlich noch die Leitern. Zu den Bäumen der Leitern verwendet der Wagner Nadelholzstangen, zu den Langwieden Eichen- oder Eschenstangen, die Deichseln stellt er aus Eichen-, Birken- oder Eschenstangen her. Die sonstigen Erzeugnisse des Wagner- und Stellmachergewerbes, Pflüge, Schlitten, Eggen, Schiebekarren, Leitern, Futterbarren, Futtertröge usw. bedürfen keiner näheren Beschreibung; Buchen- und Eichenhölzer, sowie Nadelholzstangen werden auch hierzu besonders verwendet. Gekrümmte, wenn nur gesunde und astlose Stücke verwendet der Wagner vielfach; ja sie sind sogar in vielen Fällen von besonderem Wert.

Der Bau der Luxuswagen hat so viel Mannigfaltigkeiten, daß derselbe hier übergangen werden muß. Zum Oberbau derselben werden auch leichte Hölzer, Linde, Pappel etc. als Füllholz benutzt.

Zu Lafetten wurde früher in ausgedehntem Maße Ulmenholz verwandt, da es bei besonders hoher Festigkeit und Härte wenig splittert; in neuerer Zeit hat es vollständig dem Eisen weichen müssen.

Zu dem Wagenbau gehört endlich noch die Herstellung der Eisenbahnwagen, welche in ihrem Balkengerippe viel Eichen- und Eschenholz, in ihrer Füllung weiche Hölzer, besonders Kiefern, neuestens auch Fichten und Tannen in großem Umfange beanspruchen. Nach Gayer bedarf man zu einem verschlossenen Eisenbahngüterwagen ca. 1 cbm Eichenholz; neuerdings wird ferner Kiefernholz und jetzt selbst Fichten- und Tannenholz verwendet.

---

1) Die Herstellung solcher Radkränze beschreibt Forstassessor Schmidt in Z. f. F. u. J. 1886, S. 194.

§ 8. Holzverbrauch in der Schnitzerei und Spielwarenfabrikation. Die eigentliche Kunstschnitzerei verbraucht Linden-, Aspen-, Ahorn- und Nußbaumholz; in den Gebirgsländern der Schweiz und Tirols bildet auch die Zirbelkiefer vielfach den Rohstoff zu den überaus mannigfachen Gegenständen, die in alle Welt gehen (z. B. Tierfiguren, geschnitzte Rahmen aller Art, Uhrgestelle, Schmuckbehälter).

Zu groben Schnitzwaren als Mulden, Schüsseln, Tellern, Wurfschaufeln, Kochlöffeln, Stiefelhölzern, Kummethölzern werden Buchenhölzer verwandt, für feine Schuhleisten Hainbuchen, für gewöhnliche Rotbuchen.

Holzschuhe verfertigt man aus Buchen, Erlen, Birken, auch Pappeln und Weiden. Flintenschäfte werden aus Nußbaum, Ulme, geringere aus Buchenholz hergestellt.

Kinderspielwaren, z. B. Tiere, Kinderflinten, Holzmusikinstrumente (Flöten, Geigen) werden hauptsächlich aus Fichtenholz gemacht. Sie sind Gegenstand der Herstellung im Erzgebirge und Thüringerwald; ihre Produktion verringert sich jedoch mehr und mehr wegen des verfeinerten Geschmacks, der bessere Produkte verlangt.

§ 9. Sonstiger Holzverbrauch in Gewerben und Fabriken. Viele Gewerbe werden mit Wasserkraft betrieben und bedürfen der Räder und der dazu gehörigen Wellen; zu letzteren braucht man gerade, gesunde, starke Stämme von Eichen oder Tannen, auch Kiefern. Zu Wasserrädern nimmt man Buchen- und Eichen-, zu den Schaufeln auch Nadelholz, wofern nicht Konstruktionen aus Eisenblech gewählt werden.

Zu den Oel-, Walk-, Pochmühlen und Hammerwerken bedarf man starker Eichenstammhölzer, weniger Nadelhölzer. Die Pochstempel sowohl, als auch die Stoßtröge werden nur vom zähesten harten Holz verfertigt. In Hammerwerken bestehen die Hammerwellen und die dazu gehörigen Gerüste aus Eichen, der den Hammer tragende Arm oder Helm aus Buchen, Birken, Eschenstammenden; der Ambosstock, auf den der Ambos eingelassen ist, wird aus einem 1 m starken und 2 m langen Eichenstock hergestellt, der in Eisen gebunden ist. Die innere Einrichtung der Gewerke, Mühlen und Fabriken fällt hinsichtlich ihrer Verwendung in das Kapitel vom Hochbau.

§ 10. Holzverbrauch zur Papierfabrikation[1]). Wenn auch der geringere Papierverbrauch früherer Zeiten durch das gewöhnliche, aus Hadern hergestellte Papier vollständig gedeckt worden ist, so wurde doch schon um die Mitte des vorigen Jahrhunderts versucht, den gesteigerten Verbrauch durch andere Pflanzenstoffe zu decken. Den Fortschritten der modernen Technik und den erweiterten chemischen Kenntnissen gelang es, aus Holz sehr brauchbare Produkte herzustellen, die zu Papier verarbeitet werden. Man unterscheidet zwischen dem lediglich durch Zerschleifen auf mechanischem Wege hergestellten Holzstoff und dem auf chemischem Weg aus dem Holz gewonnenen Zellstoff, der Holzzellulose, deren Gewinnung jedoch ebenfalls eine mechanische Zerkleinerung vorausgehen muß.

a) Bei dem mechanischen Zerschleifen des Holzes, das in schwächeren Rundhölzern von 10—20 cm Durchmesser verwendet wird, findet zunächst Entrindung, Spalten der stärkeren Stücke, Entfernung der Aeste durch Aushauen oder Ausbohren statt; hierauf werden mittelst der Kreissäge Abschnitte von 25—50 cm hergestellt und diese an rotierende Steine gepreßt, wodurch Holzteilchen abgerissen

1) Weber, Ueber die Bedeutung einiger Holz verarbeitender Industriezweige. F. Z.-Bl. 188[3], S. 73 u. 189.

werden. Stetig zuströmendes Wasser vereinigt sie zu einem dünnen Brei, aus dem die Fasern nach Länge und Dicke sortiert, dann gebleicht, entwässert, und in Formen gepreßt werden.

Derartige Fabriken, meist mit Wasserkraft betrieben und in waldreichen Gebirgsgebieten belegen, waren nach Günther-Staibs Adreßbuch für die Papier-Industrie in Deutschland im Jahr 1899/1900 601 (in Sachsen allein etwa 300) vorhanden und es wird der Jahresbedarf derselben an Schleifholz auf nahe an 1 Million fm angegeben.

b) Bei der Zellulosefabrikation werden die Hölzer durch eine mechanische Hackvorrichtung in flache Späne zerlegt, diese Späne zwischen geriffelten Quetschwalzen weiter zermahlen und demnächst durch Kochen unter hohem Druck entweder in kaustischer Natronlauge (sog. Natronverfahren) oder unter Einwirkung von doppeltschwefligsaurem Kalk (Mitscherlichs Sulphit-Verfahren) in ihre einzelnen Zellen aufgelöst.

Die auf diese Weise hergestellte rohe Zellulose wird gewaschen, mit Chlorkalk gebleicht und schließlich durch Walzen gepreßt und getrocknet.

Nach dem Adreßbuch von Günther-Staib kann man für die in Deutschland zur Zeit bestehenden großkapitalistisch betriebenen 71 Zellulosefabriken einen Jahres-Holzkonsum von 850 000 fm annehmen.

Zur Verwendung in der Papierfabrikation gelangen in erster Linie Fichten-, dann auch Tannen- und Kiefernhölzer; Aspen, Pappeln und Linden geben einen ganz besonders weißen, sehr gesuchten Stoff und ihre ausgedehnteste Verwendung wird nur durch ihre Seltenheit und verhältnismäßig hohen Preise verhindert. Große Schwierigkeiten bereitet dagegen das Buchenholz. Für das mechanische Verfahren ist es ganz unbrauchbar, weil es sich vermöge seiner großen Abscherfestigkeit nicht zerfasern läßt; die Fasern zerreiben sich vollständig. Hinderlich ist auch seine Farbe. Da schon ziemlich schwache Prügel und Stangen verwendet werden können, so ergibt sich durch diese Fabrikation ein ausgedehntes Feld für die Zugutemachung von Durchforstungshölzern; freilich spielt die Frage der Transportkosten hierbei eine große Rolle, um so mehr, als durch den bedeutenden Wettbewerb, namentlich auch des Auslandes (Norwegen, Schweden, Oesterreich-Ungarn, Finnland, Kanada, Vereinigte Staaten von Nordamerika) die Preise des Erzeugnisses gedrückt sind und den Fabriken hinsichtlich der beim Einkaufe des Holzes anzulegenden Preise gewisse Beschränkungen auferlegen. Die großen Zellulosefabriken beziehen deshalb einen beträchtlichen Teil ihres Holzbedarfs aus dem Ausland (Oesterreich-Ungarn). In Indien wird eine Zellulose aus Bambus hergestellt, die sich durch beträchtliche Zähigkeit, sowie billigen Preis vor der europäischen Holz-Zellulose auszeichnen soll.

Außer zur Papierfabrikation wird die Zellulose roh zur Herstellung von Pappe, sowie von gepreßten Ornamenten für Möbel, zur Imitation von Leder verwendet [1]).

§ 11. Darstellung von Holzwolle. Unter Holzwolle versteht man einen Stoff, der durch grobe mechanische Zerfaserung von Hölzern, namentlich Nadelhölzern gewonnen und in großem Maßstab zur Verpackung, sowie als Polstermaterial, ferner als Streu für das Vieh, endlich auch zum Filtrieren von Flüssigkeiten benutzt wird. Die Holzwolle, zuerst in Amerika dargestellt, wird als ein Nebenerzeugnis in größeren Holzwarenfabriken, aber auch in eigenen Werken vorwiegend

1) Zu solchen Ornamenten verwendet eine Thüringer Firma (B. Harras in Böhlen) gemahlene Sägespäne, die mit einem Klebstoff durchtränkt sind und auf die eine ganz feine, äußerst biegsam gemachte Holzfournierplatte aufgepreßt wird. Diese verbindet sich dann untrennbar mit der Unterlage und ergibt so ein ganz scharf gepreßtes Holzornament, das mit den Produkten der Holzbildhauerei wetteifert. Die Firma nennt ihr Produkt „Kunstholz".

aus Nadelhölzern (jedoch auch Aspen, zu Polsterzwecken auch aus spanischem Rohr) gewonnen. Die Hölzer werden in Stücken von 50 cm Länge und 15 cm Breite vorgearbeitet, zwischen zwei Walzen gespannt und mittelst eines Apparates, der eine Anzahl nebeneinander stehender Messer enthält und durch eine Kurbelstange hin und her bewegt wird, geritzt. Seitwärts von diesem Apparat steht je ein glattes Hobelmesser, das die geritzten Fasern abschneidet, die nun als Holzwolle unter die Maschine fallen. Je nachdem die Ritzmesser enger oder weiter gestellt sind, wird die Holzwolle feiner oder gröber ausfallen.

Auch diese Fabrikation verwendet vorwiegend schwache Hölzer, die im Wege der Durchforstungen zu gewinnen sind, so daß ihre Einbürgerung örtlich eine nicht zu verachtende Hebung des Holzabsatzes bewirkt.

§ 12. Holzverbrauch im landwirtschaftlichen Gewerbe. Der Hauptverbrauch der Landwirtschaft an Nutzhölzern erstreckt sich auf schwächere Stangenholzsortimente, Bohnenstangen, Hopfenstangen, Baumpfähle, Baumstützen, Weinpfähle, sowie Zaunpfähle und Zaungerten, Stangen und Pfähle zu Notschuppen, Feimen [1]); außerdem kommt mancherlei Reisig zu Erbsenreis, Zäunen, Bindweiden, Besenreisig in Betracht, ferner Geschirrholz zu Deichseln, Leiterbäumen, Heubäumen und sonstiges Material zur Instandhaltung der ländlichen Fuhrwerke.

Daß auch geringeres Reisholz in zerkleinertem (gequetschten) Zustand und mit einem Gärungsstoff (Sauerteig) versetzt, vorteilhaft zur Fütterung von Rindvieh und Pferden verwendet werden kann, wurde durch Versuche festgestellt, welche Gutsbesitzer von Jena-Cöthen und Prof. Dr. Ramann angestellt haben. (Vergl. Dr. Ramann und von Jena-Cöthen: Holzfütterung und Reisigfütterung, Berlin 1894.) Auch hat man aus Sägemehl, Kleie und Roggenmehl Brote hergestellt, die ein brauchbares Pferdefutter darstellen.

Die meiste Beachtung des Forstmannes verdient der Bedarf an Hopfenstangen und Weinpfählen, die in großen Mengen begehrt werden und zu Zeiten einen sehr guten Absatz für Durchforstungsergebnisse selbst entlegener Waldungen darbieten.

Die Hopfenstangen, deren Absatz allemal dann besonders ausgedehnt zu sein pflegt, wenn einige gute Hopfenjahre vorausgegangen sind, durch welche der Antrieb zur weiteren Ausdehnung der Hopfenanlagen gegeben wird, sind Gegenstand des Großhandels. Man unterscheidet im Handel verschiedene Preisklassen von Hopfenstangen je nach Stärke und Länge der Stangen, die örtlich verwendeten Längen richten sich nach dem Längenwuchs des Hopfens auf den einzelnen Standorten. Verwendung finden mit Vorliebe Fichtenstangen, seltener Tannen und Kiefern. Zur Förderung des Austrocknens, behufs Ersparnis an Fracht, werden die Stangen entrindet, jedoch nur streifenweise, so daß die Hopfenranken noch Halt finden. Neuerdings werden vielfach Drahtanlagen hergestellt, wobei nicht mehr die schwachen Hopfenstangen, sondern stärkere Stangen, ja selbst schwache Stämme der Nadelhölzer zur Herstellung der Gerüste Verwendung finden.

Weinpfähle gewinnt man aus Eichen, Fichten, Tannen, Kiefern, sowie auch Kastanien und Akazien. Man unterscheidet die wertvolleren gespaltenen und die weniger dauerhaften gesägten und runden Weinbergpfähle. Die Kastanienpfähle, die im Elsaß in Verwendung stehen, stellt man durch gespaltene Stockausschläge der Edelkastanie her, die im Niederwaldbetrieb gewonnen werden.

1) Ein beachtenswerter Absatz von Eichenpfahlhölzern stärkerer Dimensionen findet aus Mittel- und Süddeutschland auf dem Rhein nach Holland statt, woselbst zu den Gerüsten der Feimen in Sechsecksform diese Eichenpfähle (Bergruten genannt) tief in die Erde gerammt werden. Auch Weißtannenhölzer werden zu diesen Zwecken verwendet.

Ueber die senkrecht eingeschlagenen Weinpfähle werden da, wo man den Wein in die Länge zieht, auch noch Querlatten gespannt.

Die Verwendung der Fichten-, Tannen- und Kiefernweinpfähle bildet in manchen Gegenden einen beachtenswerten Beitrag zur Erhöhung der Nutzholzausbeute [1]).

§ 13. Brennholz. Je mehr durch Ausdehnung des Eisenbahnnetzes die fossile Kohle als Feuerungsmaterial für Wohnungen und Fabrikanlagen an Boden gewonnen hat, um so mehr ist der Bedarf an Brennholz zurückgegangen, und es ist in dieser Beziehung in vielen Forsthaushalten ein völliger Umschwung in den Absatz- und Verwertungsverhältnissen eingetreten. Dank der ausgedehnten Verwendungsfähigkeit des Holzes als Nutzholz zu den vielen Zwecken, deren hervorragendste wir bereits betrachtet haben, hat sich dieser Umschwung in den meisten Gegenden mit nur vorübergehenden Störungen vollzogen; dieselbe Eisenbahn, welche die Kohlen ins Land bringt, ermöglicht auch öfters die Ausfuhr von Nutzhölzern in früher nicht gekanntem Umfange und begünstigt die Anlage nutzholzverbrauchender Fabriken. — Immerhin ist die Verwendung des Holzes als Brennholz, wenn man die Masse desselben im prozentischen Verhältnis zum Gesamtholzeinschlage ausdrückt, gegenüber der des Nutzholzes in Deutschland immer noch überwiegend, hauptsächlich im Gebiet der ausgedehnten Laubholz-, namentlich Buchenforste, da sich der Uebergang zur grundsätzlichen Nutzholzwirtschaft nur allmählich vollzieht und noch viel langsamer wirksam werden kann.

Die Verwendung des Holzes zu Feuerungszwecken ist eine verschiedene. Dasselbe dient vorwiegend zur Heizung der Wohnräume, also zur Erzeugung stetiger Wärme, wozu sich die Laubhölzer, insbesondere das Buchenholz, eignen; dann aber als Anzündholz für die Steinkohlenfeuerung, hier ist das Nadelholz vermöge seiner raschen Entzündbarkeit vorzuziehen; und endlich zum Betrieb gewerblicher und industrieller Anlagen.

In geringerem Umfange dient das Brennholz auch der Gewinnung von Holzkohle im Wege unvollkommener Verbrennung, worauf diese dann ihrerseits wieder in mannigfaltiger Weise seitens der Gewerbe Verwendung findet.

Zur Heizung der Wohnräume sowie zum Verbrauch in der Küche sind die harten Holzarten, und unter diesen die Rotbuche, besonders begehrt. Ihr nahestehend ist die Birke sowie das geschälte Jungeichenholz, während Alteiche im Wert bedeutend zurücktritt; altes Eichenholz wird besonders zum Räuchern von Fleisch- und Wurstwaren geschätzt.

Zur Bäckerei, zum Betrieb mancher gewerblichen Anlagen und Fabriken, z. B. Ziegelbrennereien, Kalköfen, Porzellanfabriken, Glashütten, kurz zu allen Zwecken, bei denen es auf intensive flammende Hitze ankommt, wird dem Nadelholz der Vorzug gegeben.

Die Kohle endlich verwenden zahlreiche Gewerbe, die Metalle verarbeiten, z. B. Schlosser, Schmiede, Goldschmiede, sowie, wenn auch nicht mehr im früheren Umfange, die gesamte Metallindustrie.

Auch gebraucht man Kohle zur Pulverfabrikation, wobei für feineres Pulver die schwachen, $1\frac{1}{2}$—3 cm starken Ruten des Faulbaumholzes (Rhamnus frangula), für geringere Sorten die Prügelhölzer der Weißerle in großen Mengen Verwendung finden.

In Glashütten, in denen eine anhaltende, stark brennende Flamme notwendig ist, findet eine Verbrennung resp. Verkohlung des Holzes statt, vermittelst

1) Schnittspahn, Anfertigung der Wingertspfähle. F. Z.-Bl. 1883, S. 22.

deren ein Holzgas gewonnen wird, dessen Flamme die Glasmasse in geschmolzenen, glühendflüssigen Zustand bringt und leichter darin erhält als bei unmittelbarer Anwendung von Holz. Zur Herstellung klarer Gläser ist Brennholz ganz unentbehrlich, da das Glas durch Verwendung von Steinkohlen getrübt wird.

Auch in der Porzellanfabrikation kann Holz für Herstellung von Gegenständen, die eine gewisse empfindliche blaue Farbe erhalten, nicht entbehrt werden, da bei Anwendung der Kohle die sich bildenden Gase durch ihren Gehalt an schwefliger Säure auf diese Farbe zerstörend einwirken.

Durch Verkohlung des Holzes in Retorten werden neben der Kohle noch gewisse Nebenprodukte, z. B. Holzessig und Holzteer, gewonnen. Diese Stoffe haben durch die Entwickelung der chemischen Industrie große Bedeutung erlangt, der Holzteer wird überdies in beträchtlichen Mengen zum Anstrich von Schiffen verwendet. Die gewinnbringende Erzeugung dieser Stoffe in Deutschland ist jedoch durch den lebhaften Wettbewerb des billiger erzeugenden Auslands heute noch sehr erschwert. Die Verkohlungsindustrie kann mangels eines wirksamen Zollschutzes nicht in Blüte kommen; ein solcher ist aber wohl, da es sich um die Rohstoffe für blühende Industrien handelt, auch in Zukunft nicht zu erwarten. Holzteer wird in Massen aus Schweden, Finnland und Rußland eingeführt.

§ 14. Holzverwendung nach den verschiedenen Holzarten und Sortimenten. Wir fassen hier das über die Verwendung des Holzes, insbesondere des Nutzholzes, bisher Mitgeteilte zusammen, und zwar getrennt nach den gebräuchlichsten Holzarten und deren einzelnen Sortimenten:

1. Laubhölzer.

Der Eichenwald liefert in starken Stämmen das Material zu Mühlwellen, zu den stärksten Teilen der Poch- und Hammerwerke, zu Schiffsbauholz (Holländer), zu Brücken- und Schleusenbauten, außerdem Schneidehölzer für das Tischler- und Glasergewerbe, zu Bohlen für Brücken, sowie in den untersten Stammteilen Amboskötze[1]). In großen Mengen werden ferner die wertvollsten Eichenspalthölzer zu Fässern verarbeitet. Das mittelstarke Eichenholz wird ausgenutzt zu gewöhnlichem Bauholz, zu geschnittenen Hölzern für den Grubenbetrieb, in der Hauptsache aber, besonders bei mangelnder Astreinheit, zu Bahnschwellenholz. Auch fallen hier wiederum, sowie in den anbrüchigen Abschnitten der stärksten Klasse zahlreiche Spalthölzer für Böttcher an.

Die geringeren Stämme verwendet man vorzüglich zu Wagnerholz, zu Pfählen für Erd- und Wasserbau, zu Pfosten für Zäune und Umfriedigungen aller Art, ferner zu Grubenholz.

Die Stangenhölzer von 14 cm abwärts gewähren die Hauptmasse des Grubenholzes, sowie viel Material für Wagner, für Umzäunungen, ebenso Weinbergpfähle. Die Rinde jüngerer Hölzer (Stockausschläge) wird als Gerbrinde benützt.

Der Buchenwald, dessen geringe Rentabilität an vielen Orten noch der

---

1) Ein bedeutendes Absatzgebiet für süd- und westdeutsches Eichenholz bildet Holland: Starke Stammenden von 60—100 cm Durchmesser, in der Mitte durchschnitten oder durchspalten, um die Güte und Spaltbarkeit beurteilen zu können, nennt man Wagenschuß (von Wainscot, Wandgetäfel, abgeleitet). Man verlangt zartes, astreines, geradrissiges, feinfaseriges Holz. Dasselbe wird zu feinen Tischlerarbeiten, Vertäfelungen, Fournieren etc. verwandt. Rundklötze und beschlagene Eichen von stärkeren Dimensionen gehen als sog. Holländer, dieselben können ästig sein, auch schadet eine geeignete Krummung nichts. Sie finden Verwendung als Kanthölzer und beim Schiffsbau. Bergruten und Pfähle sind eine geringere Art der beschlagenen Eichen; erstere werden zu Pfählen für Frucht- und Heuschober, letztere zu Rammpfählen und Bauholz gebraucht. In Betreff der Sortimente des überseeischen Handels aus den Ostseehäfen vergl. Guse in Z. f. F. u. J. 1887, S. 175.

Gegenstand stehender Klagen ist, bietet nur in beschränktem Maße Material zur Verwendung als Nutzholz. Im Hochbau sind bei genügender Stärke Buchenschnitthölzer zu verwenden zu Treppen, Fußböden, Parketts.

Im Eisenbahnbau wird Buchenholz imprägniert zu Schwellen, für Brücken zu Belagbohlen verwandt; für Straßenpflaster, sowie zur Pflasterung von Pferdeställen wird es ebenfalls imprägniert gebraucht. Für Schiffskiele, sowie zu Wasserbauten, sofern das Holz ganz unter Wasser kommt, ist Buche stets sehr vorteilhaft zu verwenden. Buchenklötze sind zweckmäßige Unterlagen für Maschinenbestandteile, auch liefern sie sog. Werkholz für Maschinen, Handgriffe, Werkzeugstiele usw., und ebenso das Material für Spaltwaren von mancherlei Art (Siebläufe, Faßdauben für Butter- und andere zur Aufbewahrung trockener oder doch nur allenfalls feuchter oder fettiger Gegenstände bestimmte Fässer). Der Wagner gebraucht Buchen in Massen zu Felgen und sonstigen Bestandteilen der Oekonomiewagen, als Schlittenkufen usw.; im Luxuswagenbau wird Buchenschnittware verwandt, ebenso im Pianofortebau; ausgedehnt ist die Verwendung zu Buchenmöbeln. Kisten geringerer Dimensionen, sowie Schatullen, eine Menge landwirtschaftlicher Geräte, Bürstenhölzer, Zigarrenwickelformen, Schuhabsätze, Schuhleisten, Klärspäne, sowie Haushaltungshölzer der verschiedensten Art verfertigt man ebenfalls aus Buchenholz, geringere Rundhölzer geben Grubenholz. Die unbestreitbar erste Stelle nimmt endlich das Buchenholz als Brennholz und Kohlholz ein, sowohl was die Eignung, als was die tatsächlich verbrauchten Massen betrifft.

H a i n b u c h e n gebraucht man zu Kämmen für Mühlwerke, zu Maschinenholz (Werkholz), zur Zusammensetzung von Fleischwiegeklötzen, zur Herstellung von Hammerstielen, Dreschflegeln, von besseren Schuhleisten, zu Schuhmacherstiften.

A h o r n verwendet der Tischler zu Möbeln und Fournieren, man fertigt daraus Parketts; in Holzwarenfabriken wird er in ausgedehntem Maße zur Herstellung feiner Kästchen, zu Thermometer- und Barometerbrettchen u. dergl. gesucht; auch der Holzschnitzer und Drechsler verarbeitet dieses Holz.

E s c h e n h o l z ist als Wagner- und Schreinerholz (in starken Stücken zur Herstellung von Möbeln), sowie beim Bau von Eisenbahnwagen, ferner zu Werkzeugen, Turngeräten, Lanzenschäften, Schneeschuhen überall gut absetzbar.

U l m e n geben Wagnerholz sowie gesuchtes Tischlerholz; zu Hackklötzen verwendet man die Stammenden.

L i n d e n h o l z wird zu feinen Schnitzarbeiten, als Blindholz zu Fourniermöbeln, außerdem mit Vorliebe in der Etuisfabrikation verwandt.

B i r k e n h o l z gibt in genügender Stärke gutes Schnittmaterial für Tischler, außerdem findet es vielfachen Absatz an Wagner; die geringen Stangen geben Reifholz für Böttcher.

R o t - E r l e n werden beim Wasserbau gebraucht, vom Schreiner zu Möbeln, insbesondere Kleinmöbeln verarbeitet, außerdem liefern sie Schnittmaterial zu Zigarrenkisten; schwaches W e i ß - E r l e n h o l z gibt Kohle zur Pulverfabrikation.

P a p p e l- und A s p e n h o l z findet Verwendung in der Kistenfabrikation, zu Etuis, zu Blindholz für Möbel. Aspen werden ferner mit Vorliebe zur Papierfabrikation, zu Zündhölzern und Zündholzschachteln benutzt. Auch Mulden und viele andere Schnitzfabrikate stellt man aus ihnen her.

E l s b e e r e ist eines unserer wertvollsten Nutzhölzer; Drechsler und Tischler benützen dasselbe; besonders gesucht und sehr gut bezahlt wird es zur Verwendung für Thermometer- und Barometerbrettchen.

2. Nadelhölzer.

Die größte Ausbeute an Nutzholz gewähren Fichten und Tannen. Sie liefern die große Masse der Hoch-, Wasser- und Brückenbauhölzer, Mastholz beim Schiffsbau sowie das Material zu Schnittwaren der verschiedensten Art (Bohlen, Bretter, Latten) zu Bauzwecken und zur Verwendung von Tischlern und Kistenmachern. Spalthölzer gebraucht man zur Schindel- und Schachtelfabrikation und zu Packfässern.

Geringere Stärken verwendet man zu Gerüststangen, Telegraphen- und anderen Leitungsstangen, zu Grubenholz, zur Herstellung von Holzwolle, und große Massen von schwächerem Rundholz zur Papierfabrikation.

Schlanke Stangenhölzer liefern Bau-, Hag-, Hopfen- und Bohnenstangen, Baum- und Weinpfähle usw.

Tannenholz ist manchen Ortes weniger gesucht als Fichte, insbesondere weil vielfach alte Tannen des früheren Blenderwalds zur Abnutzung gelangen, die astig und kernschälig sind und deshalb versteckte Fehler haben; auch ist Tannenholz schwerer als Fichtenholz, was höhere Transportkosten mit sich bringt. Zu Fußböden verwirft man Tanne wegen des Splitterns. Der Zimmermann nimmt Tannenholz weniger gern zu Balken, weil seine Tragkraft derjenigen der Fichte nachstehen soll, er verwendet es aber mit Vorliebe zu Schwellen.

Beim Wasserbau hat es den Vorzug vor der Fichte.

Kiefern geben in stärkeren Dimensionen und bei genügender Feinjährigkeit ein gesuchtes Qualitätsholz für Glaser, Tischler, sowie Mastholz. Auch findet Kiefernholz viel Verwendung zu Bahnschwellen. Als Bauholz wird es in den eigentlichen Kieferngegenden dem Fichtenholz vorgezogen, findet auch vielfach Verwendung zu Treppen, Zimmerböden, Täfelungen usf. Sehr gesucht ist es zu Grubenholz und wird als solches in ungeheuren Massen verbraucht. Ebenso wird es geschätzt zu andern Verwendungsarten unter der Erde (Pfähle zu Rostwerken); auch zu Eisenbahnwagen, Geschützbettungen usw. und hier der Fichte und Tanne vorgezogen.

Lärche steht zu Bauholz sowie Schreinerholz, ebenso zu Grubenholz im besten Ansehen. Oertlich wird sie gesucht zur Auskleidung der Lohgruben in den Gerbereien, zu Stallböden, Düngerfässern usw.

Weymouthskiefer gilt wegen ihrer Stetigkeit (geringen Neigung zum Werfen) als ein gutes Holz für Tischlerzwecke (Blindholz) sowie als Modellholz; als Bauholz ist sie wegen mangelnder Tragfähigkeit für manche Zwecke etwas mit Mißtrauen angesehen; gegen Fäulnis ist sie entschieden sehr widerstandsfähig; Stangenhölzer sind außerordentlich zähe und haltbar. Das Holz hat eine gute Zukunft in bezug auf Verwendung in der Zündholzfabrikation, zu Kisten, Jalousien, Särgen usw.

Zürbelkiefer (Arve) ist ein wertvolles Tischlerholz, das infolge seiner schönen gelbbraunen Farbe namentlich zu Täfelungen gesucht wird. Auch findet es Verwendung zu Schnitzarbeiten.

§ 15. Verwendung der Rinden. Die Rinden verschiedener unserer Holzarten, insbesondere der Eiche sowie der Fichte, untergeordnet der Erle und Birke, finden vermöge ihres Reichtums an Gerbsäure Verwendung beim Gerben des Leders aus tierischen Häuten. Als bestes gerbstofflieferndes Material wird zweifellos die Eichenrinde anerkannt; ihr gegenüber erscheinen die Rinden anderer Hölzer teils als Ergänzungs-, teils als Ersatzmittel[1]).

1) Z. f. F. u. J. 1879, S. 1. Schütze, Untersuchungen über den Gerbstoffgehalt der Eichenrinde; das. 1882, S. 103. Councler, Untersuchungen über den Gerbstoffgehalt der Eichenrinde; das. 1884, S. 1. Ders., Gerbstoffgehalt einiger inländischer Rinden; das. S. 543. Ders., Ueber einige inländische Gerbmaterialien und deren Gerbstoffgehalt.

Eine Zeitlang hatte in den 1880er Jahren eine Bestrebung Platz gegriffen, um die immerhin langwierige, große Kapitalien beanspruchende Lohgerberei durch das Verfahren der Metallgerbung mit Eisen (nach Knapp) oder Chrom (nach Heinzerling) zu ersetzen. — Durchschlagende Erfolge im großen sind damit nicht erzielt worden; die Haltbarkeit und Güte lohgaren Leders, insbesondere des Sohlenleders, scheint eine längere Einwirkung des Gerbstoffes auf die rohen Häute zu bedingen, als dies bei der Metallgerbung vorausgesetzt wird [1]).

Hingegen ist der inländischen Lohrinde ein beträchtlicher Wettbewerb durch auswärtige Rinden (aus Ungarn, Frankreich), ferner durch die im Verhältnis zum Wert billig zu verfrachtenden Gerbsäureextrakte, endlich durch gewisse Ersatzstoffe erwachsen, z. B. die Valonea, d. h. den Fruchtbecher der Quercus aegilops und Q. graeca, die Knoppern, d. h. Gallen der Cynips calycis auf den Fruchtbechern der Eichen, bes. in Ungarn, 30—45 % Gerbsäure enthaltend; dazu sind noch in neuerer Zeit gekommen: Dividivi, die Schoten eines Strauches Caesalpina coriaria, Myrobalanen, Früchte von Terminalia Chebula in Ostindien, ferner die Rinde der Mimosen u. a. Der bedeutendste Wettbewerb erwächst jedoch der deutschen Eichenrinde in neuerer Zeit durch das Quebrachoholz (Schinopsis balance), das aus Argentinien bezogen wird und in geraspeltem Zustand oder auch als Extrakt zur Anwendung gelangt, wodurch — gegenüber dem älteren Verfahren der Gerberei in Lohgruben — eine wesentliche Abkürzung des Gerbungsprozesses herbeigeführt und somit die Lederfabrikation verbilligt wird. Während verschiedene Ersatzstoffe nur zur Herstellung leichter Luxusledersorten gebraucht werden, wird mit Hilfe des Quebracho auch Sohlenleder gegerbt. Es ist eine Erzeugung minderwertigen Leders mit Anwendung dieses Stoffes an sich nicht verbunden; nur insofern soll dessen Güte beeinträchtigt werden, als eine Behandlung der Häute mit angreifenden Säuren behufs leichter Schwellung derselben mit der Verwendung des Quebrachoholzes Hand in Hand zu gehen pflegt.

Bei der großen Entwickelung der deutschen Gerbereibetriebe steht es fest, daß der Bedarf der deutschen Lederfabrikation an Gerbmaterial durch die inländische Rindenerzeugung bei weitem nicht gedeckt wird, daß also ein Ersatz des Mangels durch Einfuhr und durch Ersatzstoffe unentbehrlich ist[2]).

Der Gerbstoff findet sich in der Bastschicht der Stämme; die Rinde von üppig erwachsenen jüngeren Eichenstämmen und Stockausschlägen aus den Eichenniederwaldungen (Lohschlägen), die noch eine glatte Borke hat und deshalb Spiegel- oder Glanzrinde genannt wird, ist besonders reich an Gerbsäure und daher am wertvollsten. Die von älteren Eichenstämmen gewonnene Rinde hat einen höheren Prozentsatz von abgestorbener, harter Borke, die einen für die Gerberei weniger geeigneten Zusatz zu der eigentlichen Lohe darstellt. Daß die jungen Zweige der Eiche, insbesondere der unverholzten Spitzen, einen bedeutenden Gehalt an Gerbstoff besitzen, darauf hat schon Th. Hartig in seiner Schrift (Ueber den Gerbstoff der Eiche, 1869) aufmerksam gemacht, neuerdings wird diese Erfahrung praktisch zur Gewinnung von Eichenlohextrakt verwertet. Auch aus Eichenastknüppeln gewinnt man Tannin; diese Fabrikation findet sich u. a. in Slavonien; 1885 wurde berichtet, daß eine einzige dortige Eichenholzextraktfabrik jährlich 80000 rm Abfallholz verarbeite [3]).

1) Z. f. F. u. J. 1883, S. 306. v. Alten, Die Mineralgerbung, ferner über denselben Gegenstand A. F.- u. J.-Z. 1881, S. 213.

2) Mit diesen Fragen, sowie mit der ökonomischen Seite des Eichenschälwaldes beschäftigen sich: Schenk, Die Rentabilität des deutschen Eichenschälwaldes, Darmstadt 1899. Jentsch, Der deutsche Eichenschälwald und seine Zukunft, Berlin 1899.

3) Oe. F. 1885. Nr. 44. Ueber die neuere Tanninfabrikation in Slavonien berichtet Forstass. Merten in Ztschr. für F. u. J.-Wesen 1900, Heft 5.

Von den in Deutschland heimischen Eichenarten, der Stiel- und der Traubeneiche, gilt die letztere als diejenige, welche eine fleischigere, gerbstoffreichere Rinde gewährt. In Süd- und Westdeutschland überwiegt sie, im Norden und Osten ist die Stieleiche vorherrschend.

Wichtiger als die Gattung der Eiche ist für die Güte der Rinde der Standort, auf dem das Holz erwächst, das Zusammenwirken von Boden, Lage und Klima.

Warmes Klima in Verbindung mit sonniger Lage und einem mineralisch nicht unkräftigen Boden sind die wesentlichsten Faktoren für Erzeugung guter Eichenlohe. Zu den bekanntesten Eichenschälwaldgebieten Deutschlands gehören die Rhein-, Mosel- und Nahelandschaften, sowie die Saargegend und der Odenwald, vielfach mit einem Untergrund von sich stark erwärmendem lockeren Schieferboden, im Odenwald jedoch von buntem Sandstein. Die rheinischen Rinden sind weltbekannt; mit ihnen treten französische und ungarische Rinden in Wettbewerb.

Die Betriebsform des Eichenniederwaldes liefert insofern die besten Rinden, als mit zunehmendem Alter der Bestände die Güte der Rinde entschieden abnimmt. Man bezeichnet deshalb auch die niedrigen Umtriebe von 12—16 Jahren als die zweckmäßigsten für den Eichenschälwald.

Infolge des Umstandes, daß für die gute Entwickelung der Lohrinde starke Einwirkung des Lichtes von besonderem Wert ist, wird das Belassen von Oberholz im Eichenschälwald durchgehends verworfen, ja es werden angemessene Durchforstungen, sowie insbesondere der Aushieb der Weichhölzer (des sog. Raumholzes) einige Jahre vor dem beabsichtigten Abtrieb sehr empfohlen; überhaupt erscheint es geraten, Lohschläge womöglich in ganz reiner Eichenbestockung zu haben. Was den Einfluß der Durchforstungen anlangt, so gibt Gayer denselben dahin an, daß die Menge an Holz um 27 %, an Rinde um 20 % erhöht werde; gleichzeitig bewirkt die freiere Stellung der Stockausschläge eine Zunahme der Rindengüte. Die Unterlassung der Grasnutzung und des Weidebetriebs in Schälwaldungen sollen ebenfalls zur Erhöhung der Rindengüte nicht unwesentlich beitragen.

Neben der Eichenrinde dient die F i c h t e n r i n d e als Gerbmaterial. Sie wird für bestimmte Zwecke als notwendig, ja unentbehrlich bezeichnet. Sie wird insbesondere verwendet zur Zubereitung des Kalb- und schwachen Rindleders; zur Herstellung starken Sohlenleders ist sie nur im Gemisch mit Eichenlohe oder Ersatzstoffen verwendbar. Besonders im Norden und Osten Deutschlands, sowie in den Ostseeprovinzen und in Polen findet sie Verwendung.

Man gewinnt die Fichtenrinde besonders in solchen Gebirgslagen, in denen Sommerfällung üblich ist; junge Stämme mit glatter Rinde liefern das beste Material und zwar nicht wegen eines geringeren Gerbstoffgehaltes der starken Borke, sondern wegen eines in letzterer vorhandenen rötlichen Farbstoffes, der das Leder etwas dunkler machen soll.

L ä r c h e n r i n d e wird in Deutschland wohl kaum zur Gerberei benützt, hingegen in Rußland, Ungarn, Oesterreich mit Vorliebe verwendet. In den Alpen und Karpathen soll sie sogar der Fichtenrinde vorgezogen werden. Es dürfte die Nichtbeachtung in Deutschland an ihrem verhältnismäßig seltenen Vorkommen liegen; nach Councler ist ihr Gerbstoffgehalt bedeutend höher als derjenige der Fichte. Nach diesem Autor ist auch die W e i ß t a n n e n r i n d e nicht so arm an Gerbstoff als gewöhnlich angenommen wird.

In Amerika wird die Rinde der Hemlocktanne (Tsuga canadensis) zur Gerberei benützt. Dieselbe wird auch nach Deutschland ausgeführt.

W e i d e n r i n d e n sollen als Gerbematerial in Rußland namentlich zum Ger-

ben des Juchtenleders geschätzt werden; in Deutschland, wo infolge der Verwendung geschälter Weiden zur Korbwarenfabrikation viel Weidenrinden zu gewinnen wären, ist dies nicht der Fall, und es soll nach Councler auch kaum Aussicht vorhanden sein, daß Weidenrinden bei uns zum Gerben benutzt werden. Während das Gerbstoffprozent der Eichenrinde je nach Alter und Güte zwischen 8—12 % beträgt, Fichtenrinde etwa 10 % Gerbstoff enthält, hat Weidenrinde nach Councler nicht mehr als 5—7 % [1]).

Auch Birkenrinde gelangt in nordischen Ländern in untergeordnetem Maße bei der Gerberei zur Anwendung. Bei Darstellung des Juchtenleders findet eine Tränkung desselben mit Birkenöl, einem Extrakt aus der obersten weißen Schichte der Birkenrinde, statt.

II. Gewinnung des Holzes und der Rinde.

§ 16. Fällungsplan. In jedem größeren Forsthaushalt wird die Holznutzung in bestimmten Grenzen der Nachhaltigkeit betrieben. Die Normen für dieselbe liefert die Ertrags- und Betriebsregelung, welche Bestimmung darüber trifft, wie viel alljährlich zu schlagen ist und wo und in welcher Weise die Nutzungen zu erheben sind. Damit ist die Art des Vorgehens der Ernte am einzelnen Orte bestimmt[2]). Dem wirtschaftenden Beamten liegt die Aufgabe ob, vor Beginn eines neuen Wirtschaftsjahres einen ins Einzelne gehenden Fällungsplan aufzustellen, der die Nutzungsmassen bestimmt und auf die einzelnen Ernteorte verteilt. Dieser Plan hat alsdann als Richtschnur für die Hiebsanordnungen des betreffenden Jahres zu dienen.

Der Fällungsplan hat innerhalb der Grenzen der Nachhaltigkeit einen möglichst hohen Ertrag des Waldes anzustreben. Die Hauungen müssen so geleitet werden, daß der herrschenden Nachfrage möglichst entsprochen wird, sie müssen dafür sorgen, daß das in den Jahresschlägen und deren Ergebnissen bestehende Verkaufslager des Forstwirtes nach Möglichkeit alle marktfähigen Sortimente in geeigneter Menge aufweist; es empfiehlt sich daher, aus jeder der innerhalb eines Revieres vorkommenden Bestandesarten in jedem Jahr einen angemessenen Teil des Massennutzungssatzes zu nutzen und nicht etwa in einem Jahr vorwiegend Hölzer von der einen, im anderen Hölzer von einer anderen Sorte zum Einschlag und zur Verwertung zu bringen; sofern die Marktlage es nicht ausnahmsweise wünschenswert macht, von der einen Holzart etwas mehr Masse auf den Markt zu bringen als dies durchschnittlich zulässig ist, wie z. B. bei einer durch Bauten in der Nähe des Reviers bedingten größeren Nachfrage nach Bauholz, bei einer zufälligen Möglichkeit der Verwertung gewisser seltener Sorten, z. B. Schiffsbauhölzer und dergl.

Auch darauf ist zu sehen, daß Endnutzungen und Durchforstungen in nachhaltiger Weise nebeneinander betrieben und nicht die eine Nutzungsart zu Ungunsten der anderen in einem Jahre besonders bevorzugt werde. Jedoch sind auch hierbei Ausnahmen nicht nur zulässig, sondern unter Umständen geradezu geboten. So z. B. wird man die Erfahrung machen, daß Hopfenstangen in einzelnen Jahren ausgezeichnet gut zum Handel zu verwerten sind, in einer ganzen Reihe darauf folgender Jahre hingegen wiederum nicht. Offenbar ist es deshalb geboten, eine solch günstige Marktlage bestmöglich auszunutzen und eintretendenfalls dem Betrieb der Durchforstungen zur

1) Z. f. F. u. J. v. 1884, S. 551 und das. 1886, S. 296.

2) Näheres über diesen Gegenstand, und zwar sowohl bezüglich allgemeiner Erwägungen, wie auch der Betrachtung der einzelnen Betriebsarten vergl. Wagner, „Grundlagen der räumlichen Ordnung im Walde", 2. Aufl., S. 252—270 (2. Kapitel, Die Ernte des Holzes), sowie S. 280—292.

Gewinnung der Hopfenstangen selbst unter Zurückstellung von Endnutzungen eine entsprechend große Ausdehnung zu geben.

Einem verfeinerten Betriebe (Kleinflächenwirtschaft) wird eine gewisse Vervielfältigung der Schlagorte zur Gewinnung von möglichst reicher Auswahl in den Schlagergebnissen und zur Vermehrung der Sortenausbeute in der Regel sehr zu statten kommen.

§ 17. Fällungszeit. Die allgemeine, von alters her in Geltung befindliche Regel geht dahin, daß die Holzfällungen möglichst außer der Wachstumszeit zu betreiben sind, und diese alte praktische Erfahrung bestätigt sich auch in den Ergebnissen der wissenschaftlichen Untersuchungen der neueren Zeit und ergibt sich ebenso aus dem inneren organischen Bau und der Zusammensetzung des Holzkörpers aus verschiedenen organischen Stoffen und deren verschiedenen Beschaffenheit in und außerhalb der Vegetationszeit. Jene Periode, vom Laubabfall bis zum Wiederausbruch des Laubes bemessen, nennt man auch die Wadelzeit oder den Wadel. Innerhalb derselben sind namentlich die Hauungen im Laubholz zu betreiben.

Von größter Wichtigkeit ist dies in Buchenbeständen, deren Verwertung als Nutzholz beabsichtigt ist. Die unangenehmste Eigenschaft des Buchennutzholzes ist die, daß es so leicht reißt und stockig wird; das einzige im großen praktisch anzuwendende Mittel hiergegen ist, das Holz sehr früh im Winter zu fällen und dann so zeitig wie möglich im rohen zu verarbeiten [1]).

Was den Einfluß der Fällungszeit auf die anderen Hölzer, namentlich Nadelhölzer anlangt, so nimmt man vielfach an, daß im Sommer gefälltes Holz der Verbreitung des Hausschwammes günstiger sei als das im Winter gefällte [2]).

Eine Scheidung lediglich von Sommer- und Winterfällung, wie üblich, dürfte nicht einwandfrei sein, insofern es sowohl innerhalb wie außerhalb der Vegetationszeit Monate gibt, die der Fällung in Hinblick auf die Güte des Holzes günstig und ungünstig sind. Entscheidend für die Beurteilung der Fällungszeit ist die Güte des Holzes, das aus ihr hervorgeht, und diese hängt, da ja die Holzqualität auf dem Stocke zu allen Jahreszeiten dieselbe ist, in erster Linie von der Witterung ab, die unmittelbar nach der Fällung, also in denjenigen Monaten herrscht, während deren das Holz gefällt und aufbereitet im Walde liegt, um waldtrocken zu werden; dann wohl auch von der Menge und Form, in der die dem Angriffe der Pilze am meisten ausgesetzten Stoffe, Eiweiß, Zucker usw. zur Zeit der Ernte im Holze vorhanden sind. Befinden sich letztere in Ruheform und zeigt die Witterung nach der Fällung noch längere Zeit eine sehr niedrige Temperatur oder herrscht große Trockenheit, so daß dem Holze Zeit bleibt, gut auszutrocknen, ehe die Pilze eindringen können, so wird die Holzqualität eine gute sein, andernfalls werden die Schlagprodukte durch Lagerung im Walde leiden.

Gute Fällungszeiten wird darum vor allem der Vorwinter (Oktober bis Januar) aufweisen, der demgemäß auch für alle Holzarten als beste Fällungszeit gilt, denn hier bleibt den aufbereiteten Hölzern reichlich Zeit, auszutrocknen, ehe mit steigender Temperatur die Pilzwucherung beginnt; auch enthält das Holz Eiweiß und Kohlenhydrate in Ruheform. Bedingt wird auch die Zeit des ersten Safts (Mitte Mai bis Mitte Juni) in Frage kommen, da hier, bei günstiger Witterung wenig-

1) Am besten soll Buchenholz vor dem Reißen zu schützen sein, wenn man die Stämme im Winter fällt, aber mit dem Reisig bis zum Ausbruch des Laubes liegen läßt, wobei die Schnittfläche des Stammes zu bedecken, längs derselben die Rinde streifenweise zu entfernen ist (Bialla in Oe. F. 1885, S. 2). Das Austrocknenlassen durch die Belaubung ist übrigens uralt.

2) Göppert, Prof., Der Hausschwamm, herausgegeben und vermehrt von Prof. Dr. Poleck 1885. Rob. Hartig, Der Hausschwamm 1885.

stens, rasches Austrocknen stattfindet, das durch volle Entrindung noch beschleunigt wird.

Als schlechte Fällungszeiten werden dagegen Nachwinter und Frühjahr (Januar bis Anfang Mai) und die Zeit des zweiten Safts (Zeit von Mitte Juni ab) zu gelten haben.

Die in Hinsicht auf die verschiedene Dauer der zu verschiedenen Jahreszeiten gefällten Hölzer angestellten Untersuchungen haben noch keine über alle Zweifel erhabenen Resultate zutage gefördert; nach Professor Bauschinger in München haben Fichten und Kiefern, die im Winter gefällt wurden, 2—3 Monate nach ihrer Fällung geprüft, unter sonst gleichen Umständen eine um ca. 25 % größere Festigkeit und Elastizität ergeben, als solche, die im Sommer geschlagen waren. Ein in Tharandt gemachter größerer Versuch zur Feststellung der besten Fällungszeit für Nadelhölzer erfolgte so, daß man in jedem Monat Fichten fällen und zerschneiden ließ, hierauf aber die Stöcke von jedem Monat gleichmäßig auf die verschiedenste Weise behandelte (Aufbewahrung auf luftigem Speicher, in feuchtem Raume, im Freien, unter Dach etc.). Hierbei hat sich keinerlei Gesetzmäßigkeit hinsichtlich des günstigeren Einflusses der einen oder der anderen Fällungszeit ergeben, sondern es waren die äußeren Umstände und Einwirkungen, denen die Hölzer ausgesetzt waren, für ihre größere oder geringere Dauer maßgebend [1]).

Nach anderen vergleichenden Beobachtungen fand man die im Vorwinter gefällten Hölzer dauerhafter als die vom Januar an geschlagenen [2]).

Trotzdem sind Ausnahmen von der Regel der Winterfällung unter gewissen Umständen unvermeidlich. Im rauhen Gebirge, in dem hoher Schneefall die Holzhauerei innerhalb der eigentlichen Wintermonate geradezu unmöglich machen würde, kann diese erst mit dem beginnenden Frühjahr eingeleitet werden und dauert in der Regel bis spät in den Sommer hinein. Sie hat es in der Hauptsache mit der Fällung der Nadelhölzer zu tun, und es ist Sommerfällung hier von Vorteil, insofern durch dieselbe die Möglichkeit des Schälens der Nadelhölzer gegeben ist, was sowohl mit Rücksicht auf die Verwertung der Rinden, als auch wegen des Austrocknens der Hölzer behufs des erleichterten Transportes derselben, insbesondere bei bestehender Flößerei (Trift), endlich auch wegen Abwehr des Nutzholzbohrkäfers (Bostrichus lineatus) und des gewöhnlichen Borkenkäfers (Bostrichus typographus) hier unerläßlich ist.

Der Hieb im ersten Safte mit vollständiger Entrindung hat bei F i c h t e und T a n n e den Vorteil, daß infolge des raschen und guten Austrocknens in der Mai- und Junihitze das noch wenige Reservestoffe enthaltende Holz s c h ö n e w e i ß e Farbe zeigt, also zu Schnittwaren beliebt ist, da Schimmelpilze nicht Zeit hatten, zu wuchern. Doch ist der Erfolg sehr von der Witterung abhängig, auch wirkt das stärkere Reißen des Holzes nachteilig. Sehr ungünstige Eigenschaften zeigt dagegen nach den Erfahrungen des Bearbeiters das Holz aus dem sog. zweiten Safte (um Johanni); dasselbe trocknet schlecht aus, bleibt daher schwer und liefert graugefärbte Schnittwaren.

Im Ausschlagwald ist die Periode strengster Winterkälte zur Ausführung der Hauungen unzweckmäßig, weil die Stöcke unter der Einwirkung des Frostes leicht eingehen. Es empfiehlt sich also der Nachwinter als zweckmäßigste Hiebszeit behufs Erlangung guten Stockausschlages, es sei denn, daß man in Brüchern (Erle) wegen der Nässe nur im Winter mit hartem Frost arbeiten kann; in E i c h e n s c h ä l s c h l ä g e n findet die Frühlingsfällung ausschließliche Anwendung, da die Gewin-

1) Tharandter Jahrbuch 1879, S. 53 ff.
2) Allg. F.- u. J.-Ztg. 1883, S. 432.

nung der Eichenrinde an die Periode des Knospen- und Laubausbruches gebunden ist. Nach neueren Erfahrungen empfiehlt es sich hier jedoch ganz besonders, mit dem Hieb der Stockausschläge und mit dem Schälen derselben nicht länger als unumgänglich nötig zu warten, da ein Rückgang des Gewichtes der Rinde mit dem Fortschreiten der Jahreszeit verbunden zu sein scheint[1]). Auch für Durchforstungen in Laubholzbeständen ist der Vorsommer zweckmäßig, weil die bei dichtem Stand schlank erwachsenen Stangen, wenn dieselben im blattlosen Zustand freigestellt werden, dem Schneebruch des Winters leichter unterliegen, als wenn sie, während der Vegetationsperiode durchforstet, Zeit gehabt haben, noch etwas fortzuwachsen und hierbei zu erstarken.

Lichtende Aushiebe in natürlichen Verjüngungen wird man hingegen tunlichst im Winter bei Schnee vornehmen, um dem Nachwuchs durch den Fällungsbetrieb und das Anrücken möglichst wenig Schaden zuzufügen.

Die Aufarbeitung von Bruch- und Dürrhölzern pflegt man stets so zeitig als möglich vorzunehmen, um etwaigen Insektenschäden vorzubeugen.

Von besonderer Bedeutung ist die frühzeitige Anlage der Hauungen zur Gewinnung der Nutzhölzer. Die Erfahrung lehrt, daß in der Regel bei zeitigem Verkauf die besten Ergebnisse erzielt werden. Namentlich gilt dies für Laubnutzholz und hier besonders für Buchen-, Eschen-, Ahornstammholz usw., für Eisenbahnschwellen, sowie für Grubenholz, desgleichen für Hopfenstangen. Es ist eine gewöhnliche Erscheinung, daß die Holzkäufer Gewicht darauf legen, frühzeitig den Jahresbedarf zu decken, so daß, um in dieser Hinsicht sicher zu gehen, bei den ersten Ankäufen, die sie abschließen, nicht selten höhere Preise von ihnen angelegt werden als später.

Holzhändler, welche Schwellen und andere Hölzer zurichten lassen, haben namentlich auch mit Rücksicht auf die ihnen während der Wintermonate leichter zur Verfügung stehenden Arbeitermannschaften, sowie auf deren fortlaufende Beschäftigung auf zeitigen Einkauf besonders Bedacht zu nehmen.

In vielen Gegenden, in denen die Holzhauerei nicht das ganze Jahr hindurch betrieben wird, bildet sie eine gerne benutzte Arbeitsgelegenheit für Arbeiter, die während des Sommers in der Landwirtschaft, beim Baugewerbe oder sonstwie beschäftigt sind, so daß die Rücksicht auf rechtzeitige Beschäftigung solcher Arbeiter als Holzhauer dazu auffordert, zeitig im Herbst mit dem Holzhauereibetrieb zu beginnen. Zu erwähnen ist noch, daß beim Winterfällungsbetrieb dann, wenn das Holz fest gefroren ist, die Arbeit eingestellt werden muß, da sonst die fallenden Hölzer leicht zersplittern, bei vorhandenem Nachwuchs auch dieser mehr beschädigt wird als bei gelinderer Witterung, und auch für die Arbeiter selbst gesteigerte Gefahr besteht.

§ 18. **Art des Holzhauereibetriebs und Anweisung der Holzhauer.** In den meisten größeren deutschen Forsthaushalten pflegt man es für unzulässig zu erachten, die Holzernte auf dem Stock zu verkaufen und dem Empfänger die Nutzung zu überlassen (Verkauf en bloc), sondern man huldigt dem Grundsatz, die Fällung und Aufarbeitung des Holzes und der Rinde auf Rechnung des Waldeigentümers zu betreiben, mag nun der Verkauf auf dem Stock oder erst in aufbereitetem Zustande erfolgen. In der Tat ist auch im allgemeinen der Verkauf en bloc — ein Verfahren, das in Frankreich noch allgemein herrschend ist und früher auch in Elsaß-Lothringen üblich war, aber nach der Aufnahme dieser Länder ins Deutsche Reich von der deutschen Verwaltung alsbald abgeschafft wurde — für eine gute Kontrolle der geschätzten Holzmassen ungeeignet; auch begibt man sich dabei der Möglichkeit einer Entscheidung über die im Wald zu beschäftigenden Arbeiter, so daß die

1) v. Eschwege in Z. f. F. u. J. 1886, S. 283.

Möglichkeit des Begehens von Unterschleifen seitens derselben keineswegs ausgeschlossen ist; ferner geht man des Vorteils verlustig, den eine gut geschulte Holzhauermannschaft, die durch ihre Verwendung im Dienste des Waldbesitzers zu Anhänglichkeit an den Wald erzogen wird, dem letzteren in vielen Fällen bietet.

Zulässig dürfte das Verfahren der Gewinnung und Aufarbeitung durch den Empfänger oder auf dessen Rechnung bei Stock- und Wurzelholz und bei schwächerem Ausschlagholz sein, das keinen großen Wert hat, und bei dessen Fällung nicht gerade große Mißgriffe zu befürchten sind. Bei Reinigungs- und Durchforstungsmaterial kann man dem Käufer wenigstens die Aufbereitung überlassen.

Wenn man an manchen Orten durch Ueberlassen der Selbstgewinnung verkaufter Hölzer an den Käufer, z. B. auch beim Verkauf von Bauholz im Stehen, bessere Geschäfte zu machen glaubt, als bei Aufarbeitung desselben auf Rechnung der Forstkasse, so kann dies nur dann der Fall sein, wenn der Holzkäufer seine eigene Arbeit nur sehr gering veranschlagt, wie dies bei ländlicher Bevölkerung während der verdienstlosen Zeit des Winters bisweilen der Fall sein mag. Im übrigen mögen mancherlei Täuschungen unterlaufen [1]). Der Grund, daß der Holzkäufer, insbesondere wenn es sich um wertvolle Nutzholzstämme handelt, eine vorteilhaftere Ausnutzung derselben herbeiführen werde wie die Forstverwaltung [2]), kann nur dann zutreffen, wenn die Wirtschaft nicht auf der Höhe der Zeit steht, insbesondere die Sortimentsbildung eine unzweckmäßige ist, so daß die ausgehaltenen Längen nicht den Bedürfnissen des Verbrauchs und Markts entsprechen, oder wo das Personal nicht entsprechend geschult und zuverlässig ist. In solchen Fällen würde immer noch der Ausweg bleiben, daß zwar der Verkauf des Holzes auf dem Stock vor der Fällung erfolgte, aber nur nach Einheitspreisen, wohingegen die Fällung, sowie die Ablängung der Nutzhölzer auf Rechnung des Waldeigentümers durch dessen Holzhauermannschaft, aber nach den Angaben des Holzkäufers stattfände [3]).

Eher könnte die Aufbereitung der Gerbrinde durch den Käufer in Ausnahmsfällen gestattet werden, da hier eine rasche Abwicklung des Geschäftes nötig ist und der Käufer öfters die dazu erforderliche größere Mannschaft leichter zu beschaffen vermag, als dies der Forstverwaltung möglich ist. Hier ist auch die Gefahr einer Beschädigung stehender Hölzer oder die Möglichkeit der Entwendung nicht verkauften Holzes weniger vorhanden, doch hat sich auch hier die Aufbereitung durch die Verwaltung als zweckmäßiger erwiesen.

Es kommt an manchen Orten vor, daß gewisse Waldnutzungsrechte Abweichungen von der Regel der Aufarbeitung der Forstprodukte auf Rechnung und nach den Verfügungen des Waldeigentümers und seiner Forstverwaltungsorgane bedingen, indem es dem Berechtigten bisweilen zusteht, daß er die ihm gebührende Holzmasse selbst fällen und aufarbeiten darf. Solche Zustände erheischen dringend Abhilfe auf dem Wege der Gesetzgebung, damit der Waldbesitzer in seinem Eigentum auch wirklicher Herr mit unbeschränkter Verfügung sei.

Die nächste Sorge für geordnete Ausführung der Holzhauerarbeiten im Wege der Selbstgewinnung bildet das Bestreben, eine ständige, gut geschulte Arbeitermannschaft zu erlangen und zu erhalten. Die hierbei den Forstverwaltungsorganen obliegende Fürsorge und Tätigkeit schlägt in das Gebiet der Forstverwaltungslehre ein und wird in demjenigen Teil des Handbuchs besprochen

1) Vergl. Borggreve in Forstl. Bl. 1884, S. 321.

2) Hauptgrund, den die französische Forstverwaltung für ihr Verfahren geltend macht, vgl. Martin, Forstw. Z.-Bl. 1909, S. 215.

3) Vergl. Renne, Verwertung der Holzernte. Z. f. F. u. J. 1883, S. 549.

werden, der dieser Disziplin gewidmet ist, weshalb wir hier nicht näher auf dieses Gebiet eingehen (vgl. III. Band, XV).

Der örtlichen Anweisung der Holzhauer hat die Verdingung der denselben zu übertragenden Arbeiten vorauszugehen. Es verdient in den meisten Fällen den Vorzug, die Arbeiten nicht etwa im Taglohn ausführen zu lassen, sondern in Akkord zu geben, da eine genügende Kontrolle guter und vorschriftsmäßiger Arbeit mit Sicherheit und Leichtigkeit wahrgenommen werden kann, mithin seitens des Arbeitgebers kein Bedenken obwaltet, diejenige Art des Arbeitsvertrages zu wählen, bei welcher der Arbeiter am meisten angespornt wird, seine Kräfte zu entfalten, um in Gestalt möglichst hohen Arbeitsverdienstes eine Belohnung für den von ihm betätigten Eifer zu finden.

Es empfiehlt sich hierbei in der Regel, die Holzhauerarbeiten nicht im Wege des öffentlichen Aufgebotes an den Mindestfordernden zu vergeben, sondern aus freier Hand an ständige Holzhauer, die man für eine geordnete Ausführung der ihnen zu übertragenden Arbeiten an allgemeine Holzhauervorschriften bindet.

Es ist zweckmäßig, über diese Akkorde kurz gefaßte schriftliche Verträge abzuschließen, in denen man namentlich das Zugeständnis durch Namensunterschrift der Arbeiter bekräftigen läßt, daß sie sich verpflichten, nach Maßgabe der allgemeinen Vorschriften, die ihnen vorzulesen sind, zu arbeiten; hierbei haben sich dieselben zur Duldung von Abzügen an dem verdienten Arbeitslohn bei Zuwiderhandlung gegen die Vorschriften zu verpflichten. Ebenso empfiehlt es sich, für die Arbeiten im einzelnen die etwa erforderlichen Bestimmungen zu treffen, soweit dieselben nicht schon in den allgemeinen Vorschriften enthalten sind.

Ebenso werden in diesem Vertrag die für das Wirtschaftsjahr gültigen Löhne festgestellt und von den Holzhauern durch Namensunterschrift anerkannt.

Die Arbeiten der Holzhauer werden denselben nach Abschluß der Akkorde nun örtlich angewiesen; eine zweckmäßige Verteilung der Holzhauer kommt besonders da in Betracht, wo man größere Mannschaften in einer Ortsabteilung beschäftigt. Hier handelt es sich namentlich darum, die ganze Fläche, innerhalb deren der Hieb sich bewegt, in gewisse parallele Streifen einzuteilen und unter die einzelnen Rotten zu verlosen, damit keine derselben die andere in der Arbeit hindert; im gebirgigen Gelände läßt man die Scheidelinien möglichst bergab laufen; auch kann die Rücksicht in Betracht kommen, daß alle Lose auf Wege oder Schneißen stoßen, an die das gefällte Holz angerückt wird.

Die Anweisung der zum Fällen bestimmten Hölzer erfolgt bei Kahlschlägen durch Anplatten der Grenzlinien, auch wohl Anschlagen des Waldhammers an eine Anzahl der an der Innenseite der Grenze stehenden und nicht zum Hieb bestimmten Stämme.

Beim Betrieb natürlicher Verjüngung wird die Holzanweisung in der Art vorgenommen, daß der Waldhammer an die zur Fällung bestimmten Stämme angeschlagen wird, damit auch nach der Fällung noch festgestellt werden kann, ob die Stämme wirklich angewiesen waren. Es ist deshalb das Anschlagen des Hammers am Stocke erforderlich.

Werden nur einzelne Stämme übergehalten, so kann es auch vorteilhaft sein, nur diese auf eine kenntliche und von den Holzhauern nicht leicht nachzuahmende Weise zu bezeichnen.

Die beste Zeit zur Vornahme der Hiebsauszeichnungen ist der Herbst und Vorwinter; insbesondere sollen dieselben in Laubwaldungen so zeitig vorgenommen werden, daß man den Zustand der Wüchse beurteilen und genau erkennen kann, in wel-

chem Grade Kümmerungszustände derselben vorhanden sind, die eine größere Lichtstellung erheischen; erfolgt die Auszeichnung später, insbesondere nach schon eingetretenem Schneefall, so entscheidet die Kronendichte der Altholzstämme, indem in der Regel zunächst die Wegnahme der breitkronigen, dichtbeasteten Stämme angezeigt erscheint.

Man durchgeht bei diesem Auszeichnen der zu fällenden Stämme unter Zuziehung des Forstschutzbeamten und des Oberholzhauers die ganze zum Schlag bestimmte Abteilung in parallelen Streifen, an Berghängen von unten nach oben, so daß man stets nach derjenigen Seite des Bestandes das Auge gerichtet hat, in der die Auszeichnung bereits erfolgt ist. Jeder angewiesene Stamm wird auf derjenigen Seite, die dem das Geschäft ausführenden Beamten zugekehrt ist, mit einer Platte versehen, die beim Begehen des nächsten parallelen Streifens ins Auge fällt, so daß auch auf weitere Strecken hin erkannt wird, welche Stämme schon zuvor ausgezeichnet wurden. Man pflegt wohl auch die Stämme zu numerieren, sogar ihren Durchmesser zu notieren, um nach Veranschlagung der Stammkreisfläche unter Multiplikation derselben mit einer einzuschätzenden Formhöhe einen Anhalt darüber zu gewinnen, wieviel Holzmasse angewiesen ist.

Besonders wichtig ist die Auszeichnung des zu hauenden Oberholzes im Mittelwald. Hier hat zunächst die Abgrenzung der Schlagfläche und hierauf folgend der Abtrieb des Unterholzes zu geschehen, wobei eine besondere Sorgfalt auf die Erhaltung genügender Laßreidel aus dem Unterholz zu verwenden ist. Es empfiehlt sich hierbei, die Weisung zu geben, daß alle Kernloden, sowie von jedem Stock derjenigen Holzarten, die im Oberholz begünstigt werden sollen, die beste Ausschlaglode stehen gelassen wird [1]).

Bei dem nach beendigtem Abtrieb des Unterholzes erfolgenden Auszeichnen des Oberholzes, das der Wirtschafter nie aus der Hand geben sollte, wird alsdann gleichzeitig Bestimmung darüber getroffen, welche von den etwa zuviel übergehaltenen Laßreideln noch nachträglich entfernt werden sollen.

Die Anweisung der Durchforstungen kann dem Schutzpersonal überlassen werden, wenn unter Anleitung des verwaltenden Forstbeamten zunächst eine hinlänglich große Fläche als Probestück ausgezeichnet worden ist; bei den Plenterdurchforstungen wird jedoch die Auszeichnung durch den Wirtschafter eine unerläßliche Voraussetzung für sachgemäße Ausführung sein.

In der zeitlichen Aufeinanderfolge der Hauungen muß eine zweckmäßige Ordnung obwalten, indem die dringlichsten Arbeiten vorangestellt werden und die weniger nötigen zuletzt folgen. Hierüber allgemeine Regeln zu geben, ist kaum möglich, da die örtlichen Verhältnisse und Besonderheiten wesentlich von Einfluß auf die zweckmäßigste Reihenfolge der Arbeiten sind. Zu den dringendsten Arbeiten würden die Aufarbeitungen von Wind- und Schneebruchhölzern, von dürren Stämmen, ferner die Lichtungen zur Freistellung besonders bedürftigen Aufschlages bei der natürlichen Verjüngung zu rechnen sein.

§ 19. Fällungsbetrieb. Das Fällen der Bäume erfolgt entweder durch Rodung des stehenden Holzes, d. h. durch Ausgraben mit Stock und Wurzeln, oder aber durch Abtrennen der Stämme mit Axt und Säge oder mittelst eines dieser Werkzeuge allein.

Die Rodung des stehenden Holzes, auch Baumrodung (im Gegensatz zur Stockrodung) genannt [2]), ist unter allen Fällungsarten die zweck-

1) s. Borggreve, Die Schlagauszeichnung in F.-Bl. 1886, S. 182.

2) K. Heyer, Die Vorteile und das Verfahren beim Baumroden. 1827. Ders., Ueber denselben Gegenstand, A. F.- u. J.-Z. 1856, S. 122.

mäßigste, insofern als man hierbei den beim Abschneiden der Stämme in das Stockholz fallenden unteren Teil des Stammes, besonders bei stärkeren Bäumen, zu erheblich besserem Preis verwerten wird. Dieser finanzielle Vorteil wurde für sächsische Verhältnisse von Neumeister auf 3% ermittelt. Hierzu kommt, daß durch das Belassen einer Wurzel dem ausgerodeten unteren Stammstück öfters eine Form gegeben werden kann, die für die Verwendbarkeit desselben z. B. als Schiffsknie, Schlittenkufe etc. von besonderem Wert ist. Der ausgerodete Stock eines starken Stammes eignet sich nach dem Abschneiden des Stammendes besonders zur Verwendung als Ambos oder Hackblock. Beim Auszug einzelner Stämme aus schon mit Aufwuchs versehenen Naturverjüngungsschlägen ist diese Methode jedoch nicht immer anwendbar, weil durch das Ausgraben zu viele Pflanzen beschädigt werden würden (vgl. dagegen Wagner „Der Blendersaumschlag und sein System" S. 50 und 56); auch im Mittelwald findet sie nur eine beschränkte Anwendung.

Daß bei Baumrodung die sorgfältigste Ausnutzung des Stock- und Wurzelholzes nicht eintrete, wird aus Sachsen berichtet, wo man die Erfahrung gemacht zu haben glaubt, daß die Ausgrabung und Benutzung der schwächeren Wurzeln hierbei nicht mit derjenigen Genauigkeit und Sorgfalt betrieben wird, als dies bei Rodung der Stöcke nach vorherigem Abschneiden der Stämme zu geschehen pflegt; bei Baumrodung ist die Gewinnung des Stockholzes mehr Mittel zum Zweck und die Aufarbeitung des Stammholzes die Hauptsache; eigentliche Stockrodung hingegen fällt öfters in eine Zeit, in der es an anderer Beschäftigung fehlt und jeder mehr erlangte Raummeter ein Gewinn für den Arbeiter ist. Dieser mangelhafteren Rodung schwacher Wurzeln in Fichtenbeständen wird eine größere Gefahr für Rüsselkäfervermehrung beigemessen und in dieser Erwägung zur Vorbeugung gegen die Gefahr des Rüsselkäfers von der Anwendung der Baumrodung abgeraten [1]).

Als letzten Vorteil des Baumrodens läßt sich geltend machen, daß die Stämme nicht so rasch niederstürzen, daher auch nicht so hart auffallen, als über dem Boden abgehauene oder abgesägte und zwar deshalb, weil von dem gerodeten Stamm ein Teil der Herz- und Pfahlwurzeln langsam aus dem Boden herausgezogen wird. Deshalb werden auch umgegrabene Nutzholzstämme nicht so leicht zersplittern und wird der Nachwuchs in Licht- oder Abtriebsschlägen weniger beschädigt werden als bei anderen Baumfällungsarten.

Bei Anwendung der Baumrodung wird der zu fällende Stamm zunächst von allen Seiten angerodet, indem die Tagwurzeln bloßgelegt, vom Stamm, und zwar dicht am Stocke abgehauen oder abgesägt und bis zu der noch nutzbaren Stärke vom Stamm auswärts ausgegraben werden. Hierauf werden die Herz- und Pfahlwurzeln, die das Fallen des Baumes noch hindern, abgehauen, was den Stamm zum Fallen bringt.

Bei flachwurzelnden Hölzern gelingt dieses durch einfaches Andrücken der Holzhauer; wirksamer ist die Anwendung besonderer Baumrodewerkzeuge: zu nennen wäre hier als einfachste die sog. Zugstange, eine leichte Stange von zähem Holz, die an ihrem oberen Ende einen Haken trägt, mit dem sie möglichst hoch über dem Boden an einem Ast des noch stehenden Stammes eingehängt und dieser mittelst der Stange nach und nach umgezogen wird. Die Holzhauer, die zu diesem Behuf an der Stange hin und her ziehen, bringen den Stamm in eine wippende, schaukelnde Bewegung; hierbei wird durch das Hin- und Herschwanken desselben der Ort weiterer Wurzeln festgestellt, die dann bloßgelegt und abgehauen werden; dadurch wird der Stamm wesentlich leichter zu Fall gebracht.

1) v. Oppen in Z. f. F. u. J. 1885, S. 148.

Diese Stange ist nur bei niedrig beasteten, insbesondere auch schwächeren Stämmen zu verwenden; bei höheren Bäumen findet der sog. Seilhaken Anwendung, d. h. ein eiserner, mit einem Oehr und einem daran befindlichen Ring versehener Haken, bei dessen Gebrauch an dem Ring ein Seil von 20—30 Meter Länge befestigt wird. Der Haken wird in angemessener Höhe des Baumes entweder mit Hilfe einer Stange oder nach Besteigen desselben an einen stärkeren Ast eingehängt, hierauf der Stamm selbst von den Arbeitern umgezogen.

Das Fallen des Baumes wird durch Anwendung eines Hebebaums erleichtert, den man mit einem Ende möglichst tief unter den bereits angerodeten Stock schiebt, während das hintere Ende, nachdem in möglichster Nähe des vorderen der Hebel gehörig unterstützt worden ist, ruckweise zu Boden gedrückt wird. Ebenso kann der Hebel auch untergesteckt und durch eine untergeschobene Wagenwinde gehoben werden.

Fig. 1.

Zur Erleichterung der Arbeit sind weiter noch verschiedene Maschinen erfunden worden, von denen wir folgende erwähnen:

Die Nassauische (oder Wohmannsche) Baumrodemaschine [1]) besteht aus einem mit Kerben versehenen 1,75 m langen, 0,30 m breiten, 0,12 m dicken Buchenbrett, dem sog. Zwickbrett, auf dem eine oben und unten mit Eisen beschlagene Fichtenstange (5—6 m lang, 12 cm D.), die sog. Drückstange, die mit einer eisernen Spitze in den umzurodenden Stamm eingreift, während das andere Ende in die Kerben des Zwickbretts gestellt wird, mittelst Brecheisen aus einer Kerbe in die andere vorwärts gehoben wird, um den vorher umrodeten und von seinen Wurzeln befreiten Stamm umzudrücken. Die Brecheisen werden unter einem runden eisernen Nagel, der im unteren Ende der Drückstange durchgesteckt ist, hindurch geschoben und finden an diesem Nagel ihre Unterstützungspunkte. Zur Erläuterung diene vorstehende Figur 1.

---

1) A. F.- u. J.-Z. 1858, S. 46 (Wohmann). 1864, S. 369 und 1870, S. 219 (Draudt).

Die Leistung der Maschine ist am größten, wenn die Entfernung vom Stammende bis zu der Höhe des Stammes, wo das eine Ende der Drückstange eingreift, so groß ist, als die Entfernung vom Stammende bis zum unteren Ende der Drückstange. Die Nassauische Rodemaschine wurde in neuerer Zeit durch Büttner in zweckmäßiger Weise abgeändert und verbessert — „Büttners Baumwinde“ — vergl. F. Zbl. 1904, S. 680 und 1905, S. 144, Zentralbl. f. d. ges. Forstw. 1907, S. 62. Die „Baumwinde“ wird von allen Seiten als sehr wirksam bezeichnet.

Eine in der Schweiz erfundene besonders wirksame Rodemaschine ist der Waldteufel, auch Reutelzeug genannt. Er besteht aus einem starken Hebel, der seinen Stütz- und Drehpunkt an dem einen Ende einer starken Kette hat, die um einen hinreichend starken stehenden Baum oder Stock geschlungen ist. Zu

Fig. 2.

beiden Seiten des Unterstützungspunkts sind zwei kurze Hebelketten mit Endhaken befestigt. Eine weitere Kette wird mit einem längeren, um den auszurodenden Stamm geschlungenen Schiffstau oder besser noch Drahtseil (denn alles hängt von der Festigkeit dieses Taues ab) verbunden, die eine Hebelkette in dieselbe straff eingehangen, der Hebel angezogen und dadurch die zweite Hebelkette so weit dem umzurodenden Baum genähert, daß ein Kettenglied weiter eingehakt werden kann. Durch das Hin- und Herbewegen des Hebels wird bald die eine, bald die andere der Hebelketten vorgeschoben und weitergehakt. Durch fortgesetzte Wiederholung wird die am Baum befestigte Kette nebst dem Tau immer straffer angezogen, so daß der Baum endlich zu Fall kommt. Der Gang der Arbeit wird durch die vorstehende Zeichnung Figur 2 verdeutlicht.

Unter allen Baumrodemaschinen dürfte der Waldteufel die meiste Beachtung verdienen.

Auch die Nassauische Rodemaschine in ihrer leichteren, von Draudt empfohlenen Form (oder besser noch die Büttnersche Baumwinde), wird geschätzt.

Diese Maschine, ursprünglich in Nassau angewandt, hat sich auch im Großherzogtum Hessen vielfach eingebürgert.

Eine weitere verbesserte Druckmaschine, angegeben von dem Großh. Hessischen Forstwart Stendal wird in dem Bericht über die 13. Versammlung des Forstvereins für das Großherzogtum Hessen (Darmstadt 1901) beschrieben.

Die Hauptfällungsarten sind jedoch diejenigen mit Axt und Säge. Die Fällung mit der Axt allein, das sog. „Umschroten“ der Bäume durch Hauen tiefer Fallkerben auf beiden Seiten des Stamms findet in geordnetem Betriebe nur noch bei Stangenhölzern Anwendung, bei denen man öfters keine glatte Abschnittfläche wünscht, vielmehr Gewicht darauf legt, daß das Stammende schon etwas zugespitzt sei (z. B. bei Hopfenstangen, Bohnenstangen, Zaunpfählen); bei stärkerem Holze dagegen ist mit dieser Methode ein so beträchtlicher Verlust an Holzmasse verbunden, der gerade am unteren, wertvollsten Teile des Stammes doppelt ins Gewicht fällt, daß man in wohlgeordneten Forsthaushalten von derselben keinen Gebrauch mehr macht.

Nur wo die Anwendung der Säge ausgeschlossen ist, sei es, daß der Standraum für ihre Führung fehlt (auf Felsen, an Steilabstürzen usw.) oder daß mehrere starke Bäume dicht beisammen stehen, kommt das Umschroten für stärkeres Holz noch in Frage. Hier wird zu möglichster Schonung des untersten Stammteils das sog. „Auskesseln“ oder „Aus-der-Pfanne-Hauen“ angewendet, d. h. die Fallkerbe wird ringsum, daher weniger tief, gehauen und der Baum dann nach einer Seite gedrückt.

Die rascheste Arbeit und geringste Holzverschwendung ist mit Anwendung der Säge verbunden. Auch sie wird jedoch für sich allein nur bei schwächerem Holze angewendet, weil mit der Stärke der Stämme die Schwierigkeit, die Bäume zu Fall zu bringen, und die Unsicherheit der Fallrichtung bedeutend steigt.

Die Regel bildet die Fällung mit Axt und Säge zusammen. Zunächst wird auf derjenigen Seite des Baumes, nach welcher derselbe geworfen werden soll, möglichst tief am Stamme eine Fallkerbe (Schrot) von etwa ¼ des Durchmessers gehauen. Alsdann setzt man auf der entgegengesetzten Seite die zweimännige Waldsäge an und sägt in der Richtung gegen die Fallkerbe wagrecht durch. Zur Erleichterung des Sägens, und um den Stamm in die Fallrichtung zu treiben, werden hinter der Säge in den Sägeschnitt Keile eingesetzt und nachgetrieben, bis der Stamm zu Fall kommt.

Die Art und Konstruktion der Waldsägen ist bei diesem Verfahren von wesentlichem Einfluß. Man verfertigt die Sägeblätter in neuerer Zeit vorzüglich aus Tiegelgußstahl. Das Sägeblatt ist eine Stahlschiene, die auf der einen Seite mit Zähnen besetzt ist. Die Zahnlinie bildet zweckmäßig einen Kreisbogen (Bogensägen). Die Zähne haben in der Regel die Form eines spitzen gleichschenkligen Dreiecks (sog. Wolfszähne); daneben kommt die Form eines großen lateinischen M vor (sog. M-Zähne), die in Hartholz gut arbeiten sollen. Das Sägeblatt verjüngt sich von der Zahnlinie gegen den Rücken zu, damit ein Klemmen der Säge vermieden wird.

Wichtig für die Wirksamkeit der Waldsägen ist das Maß der Krümmung der Zahnlinie. Die theoretischen Betrachtungen über das richtige Maß dieser Krümmung sind bisher noch nicht zu einem Abschluß gekommen, doch sind mehrfach Versuche angestellt worden, welche auch zur Konstruktion einer Normalsäge mit bestimmtem Krümmungsradius der Zahnlinie und bestimmter Bezahnung geführt haben. Die mehr gekrümmten sog. Bauch- oder Bogensägen (Harzer, Thüringer, Steyerische Säge) scheinen im Nadelholz vor den mehr gestreckten Sägen den Vorzug zu ver-

dienen, wogegen letztere für das Zerschneiden des stärkeren Laubholzes angemessen sein mögen. Jedoch ist eine gewisse Krümmung der Zahnlinie auch hier gegenüber der geraden Linie von Vorteil. Bei letzterer ist die Säge schwerer zu handhaben und fördert weniger. Der Grund dieser Erscheinung ist das Klemmen des Sägmehls, auch hat die gerade Zahnlinie den Nachteil, daß sie durch stärkere Abnutzung der Mitte leicht konkav wird. Bei der Bogensäge ist die Arbeit leichter, da immer nur wenige Zähne aufliegen, so daß beiderseits Raum bleibt, in dem sich das Sägmehl ansammelt und aus dem es durch die wiegende Bewegung des Sägens leicht ausgeworfen wird. Allerdings setzt die Benutzung der Bogensäge gewandtere Arbeiter voraus, als diejenigen der mehr geraden Sägen. Aus Amerika gelangten vor einer Reihe von Jahren Sägen nach Deutschland, die eine sehr geringe Krümmung zeigen und sich in Hinsicht auf die Form der Zähne von den gebräuchlichen deutschen Konstruktionen wesentlich dadurch unterscheiden, daß eine Mehrzahl von Spitzen (3—4) zu einem System vereinigt sind, so daß anstatt der einzelnen Wolfszähne deren mehrere zusammengefaßt sind. Auf jede solche Zahngruppe folgt wieder ein einzelner

Fig. 3.

Nonpareil-Schrotsäge.

Fig. 4.

Great Americansäge mit abnehmbarem Heft.

Fig. 5.

Amerikanische Trummsäge.

spitzer, kürzerer Dreieckszahn (Raumzahn), wie bei der sog. „Nonpareil-Schrotsäge“, und zu beiden Seiten der Raumzähne sind Vertiefungen, die das Sägmehl aufnehmen und der Säge einen freieren Gang ermöglichen, oder es folgt auf jede Gruppe von Wolfszähnen statt des Raumzahnes ein Hohlraum wie bei der „Great-Americansäge“ (vergl. die Figuren 3 und 4).

Derartige Sägen sind hinterlocht, d. h. hinter den zwischen den Zähnen befindlichen Vertiefungen sind Löcher angebracht, die ein leichtes Nachfeilen bei Abnutzung der Zähne ermöglichen. Sie sollen sich im harten Holz vorzüglich bewähren; in weichem Holz scheint ihnen die Bogensäge überlegen zu sein. Sehr praktisch ist bei beiden die Befestigung der Patentgriffe (s. Fig. 4). Es werden ähnliche Sägen von bester Konstruktion und Beschaffenheit auch in Deutschland von der Firma Dominicus und Söhne in Remscheid geliefert. Dieselbe hat auch ein besonderes, sehr empfehlenswertes „Illustriertes Handbuch über Sägen und Werkzeuge für die Holzindustrie“ herausgegeben. Als besonders leistungsfähig wird mehrfach die „Non plus ultra“-Säge dieser Firma bezeichnet.

Bei allen Sägen kommt es darauf an, daß durch eine entsprechende seitliche Ausbiegung der Zähne dem Schnitt eine solche Weite gegeben wird, daß das Sägeblatt, ohne sich zu klemmen, fortwährend leicht von den beiderseits die Säge handhabenden Arbeitern hin und her gezogen werden kann. Dieses Ausbiegen der Zähne, das sog. Schränken, wird mit einer einfachen Vorrichtung, dem Schränkeisen

vorgenommen; auch kann man den sog. Barthschen Schränkschlüssel gebrauchen, und neuerdings wird dazu eine von der Firma Eugen Blasberg u. Comp. in Remscheid erfundene Schränkzange empfohlen. Dieselbe ist durch eine Schraube verstellbar, vermittelst deren die Zange sowohl zum feineren als auch zum gröberen Stellen der Zähne eingerichtet werden kann. Vermittelst dieser Schraube erfolgt das Heben bei allen Zähnen vollständig gleichmäßig. Das Schränken muß bei Nadelholz stärker sein, als bei Laubholz. Statt des Schränkens wendet man auch, insbesondere in Amerika, das sog. Stauchen der Zähne an, darin bestehend, daß durch einen Schlag die Spitze des Sägezahnes etwas aufgetrieben wird, so daß die Stärke des Blattes dadurch geringer ist, als die Stärke der Sägezahnspitzen, wodurch ebenfalls dem hin- und hergezogenen Blatt ein größerer Spielraum gewährt wird.

Die Prüfung der Sägen auf ihre Leistungsfähigkeit hat sich darauf zu erstrecken, daß man untersucht, wieviel Schnittfläche in einer gewissen Zeit geliefert wird, oder wieviel Zeitaufwand man zur Leistung gleicher Schnittflächen braucht. Die Wirkung der Säge ist um so größer, je kürzer die Zeitdauer des Schnittes. Selbstredend muß bei Vergleichung der Leistungen zweier Sägen Gleichheit der Umstände (gleiche Holzart, gleiche Stärke der Hölzer, gleiche Leistungsfähigkeit der Holzhauer, gleiche Vertrautheit derselben mit den Sägen) vorausgesetzt werden. Steile Wolfszähne in ununterbrochener Bezahnung scheinen die besten Schnittleistungen zu liefern [1]).

Die Sägen werden nicht nur beim Fällen der Stämme, sondern auch beim Zerschneiden derselben in die dem beabsichtigten Zwecke entsprechenden Längen gebraucht. Für die Zerkleinerung schwächerer Hölzer hat man sowohl die gewöhnlichen, in Deutschland allgemein bekannten Handsägen im Gebrauch, als auch neuerdings eine ebenfalls aus Amerika eingeführte Art, die amerikanische Trummsäge, die sich am besten als ein vergrößerter Fuchsschwanz, wie ihn die Schreiner zu führen pflegen, beschreiben läßt, und in Fig. 5 abgebildet ist. Die Zahnstellung ist jedoch hier, wie diejenige der zweimännigen Waldsägen, eine senkrecht (nicht schräg, wie beim Fuchsschwanz) gerichtete. Auch diese Konstruktion bewährt sich vorzüglich. Die Sägen werden nur von einem Mann geführt, während die Bogensägen zu ihrer Handhabung zwei Arbeiter erfordern.

Die im Walde gebrauchten Aexte sind von verschiedener Form, je nach dem Zwecke, dem sie dienen sollen. Man unterscheidet insbesondere die Fällaxt mit kleinem, und die Spaltaxt mit größerem Keilwinkel. Erstere dient besonders zum Schneiden beim Hieb (Hauen der Fallkerbe), letztere insbesondere zum Aufspalten der Trümmer und Treiben der Keile. Vielfach findet man Aexte von mittlerem Bau, die beiden Zwecken gleichzeitig dienen.

Fast jede Gegend hat in Hinsicht der Axtkonstruktion ihre Besonderheiten. Allgemein verlangt man, daß die Schneide gut gestählt, der Anlauf der Schneideflächen keilförmig, am besten etwas ausgebaucht (gewölbt), die Axt selbst nicht zu schwer und mit einem handlichen Holzstiel (sog. Helm) versehen sei. Wichtig ist eine gute Lage des Schwerpunkts. Auch in bezug auf Aexte scheinen uns die Amerikaner den Vorrang abzulaufen; wenigstens sind seit einer Reihe von Jahren amerikanische Aexte in Gebrauch gekommen, welche sehr handliche, geschwungene Helme, sowie stark gewölbte Schneideflächen (Blätter) haben, richtige Lage des Schwerpunkts zeigen, und sich als sehr praktisch zu bewähren scheinen [2]). In Australien

1) Sehr umfassende und beachtenswerte Untersuchungen über die Leistungsfähigkeit der Waldsägen s. u. a. im Forstw. Zentralblatt 1896 Aug.—Okt.-Heft von Geheimrat Dr. Gayer und Dr. Kast.

2) Stockhausen in A. F.- u. J.-Z. 1879, S. 115.

sollen sich Aexte mit drei breiten Rinnen oder Nuten, die von der Schneide zum Rücken parallel laufen, bewährt haben, da sie leichter ins Holz eindringen und sich nicht leicht klemmen können. Zum glatten Ausputzen und Beschlagen der Stämme dienen besondere Breitbeile, nach Art der Zimmermannsäxte gebaut; zur Fällung schwächeren Ausschlagholzes im Nieder- und Mittelwald benutzt man die sog. H e p p e , ein vorn gekrümmtes starkes Faschinenmesser mit hölzernem Griff.

Beim Fällen des Holzes muß zunächst eine s o r g f ä l t i g e W a h l d e r F a l l r i c h t u n g vorausgehen. Es ist darauf zu sehen, daß durch die fallenden Hölzer weder der umgebende Bestand noch der fallende Stamm selbst beschädigt werde. Man wirft daher die Stämme in Lücken zwischen stehende Bäume, damit diese nicht beschädigt werden und die fallenden Stämme nicht hängen bleiben. Ebenso sucht man bei Naturverjüngung die Stämme in Richtungen zu werfen, in denen sich kein höherer Anflug oder Aufschlag befindet. Dabei ergeben sich für Schirm- und Blenderschlagbetrieb nicht selten große Schwierigkeiten, die man durch Abasten der Stämme vor der Fällung zu umgehen sucht [1]). Der Blendersaumschlag sucht diesen Mißstand dadurch zu vermeiden, daß er mit seiner Verjüngung in bestimmter Richtung fortschreitet und die Bäume grundsätzlich immer vom Jungwuchse weg gegen das noch unbesamte Altholz wirft, durch das sie dann auch weggeschafft werden.

Um die fallenden Stämme vor dem Abbrechen und Zersplittern zu bewahren, vermeidet man ferner das Werfen auf Unebenheiten des Bodens, alte Stöcke, Felsen usw., sowie auf liegendes Holz.

Bei windigem Wetter muß mit der Fällung ausgesetzt werden, da man unter solchen Umständen hinsichtlich der Fallrichtung gar keine Sicherheit hat.

An Bergwänden läßt man wohl auch schräg bergauf fällen, da auf diese Weise der Stamm bis zum Aufschlagen auf den Boden den kürzesten Weg zurücklegt und mit der geringsten Wucht aufschlägt, mithin der Gefahr des Zerbrechens am wenigsten ausgesetzt ist. Soll aber der mit dieser Wurfrichtung verbundene Nachteil, daß der Stamm für das Anrücken verkehrt zu liegen kommt, vermieden werden, soll vielmehr darauf gesehen werden, daß der Stamm so fällt, wie er weggeschafft werden soll, so muß schräg bergab geworfen werden, damit der Stamm mit dem dünnen Ende voran nach abwärts weggeschafft werden kann.

Durch das Eintreiben von Keilen in den Sägeschnitt wird dieser offen gehalten, gleichzeitig der Stamm etwas gehoben und nach der gewünschten Fallrichtung hin getrieben. Bei Frost springen die Keile leicht zurück, man bestreut alsdann die Seitenflächen zweckmäßig mit Asche oder Sand. Zur Verstärkung der hebenden Wirkung hat man die Keile anstatt mit geraden Seitenflächen auch mit treppenartig absetzendem Profil (S c h n ü c k e scher Zahnkeil) hergestellt. Auch wurden Versuche mit einem einzuschraubenden runden, bezw. kegelförmigen Instrument (B l e s s i n g scher Schraubenkeil) vorgenommen, jedoch ohne Verbesserung der Wirkung. Ferner ist ein sog. Universalkeil von Förster C i z e k konstruiert worden, welcher aus 2 Schenkeln besteht, die durch Drehung einer Spannschraube mehr oder weniger gegeneinander gespreizt werden können (Deutsche Forstzeitung 1901 S. 864).

Besondere Vorsicht ist beim Zufallbringen hängen gebliebener Bäume, sowie bei der Aufarbeitung von Windbruchholz geboten, da hierbei leicht Unfälle entstehen. Vom Reichsversicherungsamt sind Normal-Unfallverhütungsvorschriften für land- und forstwirtschaftliche Betriebe aufgestellt worden, die sorgfältig zu beachten sind.

1) Ueber die Beurteilung des A s t e n s v o r d e r F ä l l u n g siehe W a g n e r , Grundlagen der räuml. Ordnung 2. Aufl., S. 257 ff.

Im Interesse der Ordnung ist darauf zu halten, daß die Holzhauer in der Regel nicht mehr Stämme auf einmal zur Fällung bringen, als im Verlauf der darauf folgenden 2—3 Tage aufgearbeitet werden können. Bei Durchforstungen mag diese Regel bisweilen eine Ausnahme erleiden, indem man auf einer größeren Fläche die Fällung beenden und dann erst das Zusammenbringen behufs Aufarbeitung vornehmen läßt.

§ 20. Ausformung und Sortierung der Hölzer. Bei der dem Fällungsbetriebe folgenden Aufbereitung der Hölzer werden zunächst die gefällten Stämme entastet, wobei die Aeste mit dem Beil glatt am Stamme abgetrennt und überdies alle dürren Aststümpfe und Auswüchse weggeputzt werden. Das Kürzen des Derbholzes erfolgt mit der Säge, wobei die Schnitte immer senkrecht auf die Achse des Schaftes geführt werden müssen. Die Ausscheidung derjenigen Stämme und Stammteile, die einen höheren Wert bei der Verwendung zu Nutzholz als zu Brennholz haben, muß als ein Gegenstand bezeichnet werden, der besondere Aufmerksamkeit und Umsicht der Wirtschaftsorgane erheischt.

Durch eine gute Sortierung wird der Geldertrag wesentlich gehoben; hierbei kommt der Wirtschaft eine ausgedehnte Kenntnis des Verbrauchs der verschiedenen Holzsortimente seitens des Forstmanns wesentlich zugute.

Hinsichtlich der Sortimente, die im deutschen Reich Geltung haben sollen, sind unter einer Anzahl von Bundesregierungen gewisse feste Bestimmungen vereinbart worden [1]). (Vereinbarung der deutschen Staatsforstverwaltungen von 1875.)

Darnach rechnet man zum Derbholz die oberirdische Holzmasse über 7 cm Durchmesser, einschließlich der Rinde gemessen. Zum Nichtderbholz gehört Reisig (die oberirdische Holzmasse von 7 cm abwärts) und Stockholz (die unterirdische Holzmasse und die bei der Fällung daran bleibenden Schaftteile). Das Langnutzholz bilden diejenigen Nutzholzabschnitte, die nicht in Schichtmassen aufgearbeitet, sondern kubisch vermessen und berechnet werden. Hiervon sind Stämme solche Hölzer, die bei 1 m oberhalb des unteren Endes über 14 cm, Stangen hingegen solche, die bis mit 14 cm Durchmesser halten, wobei unterschieden wird zwischen Derbstangen (über 7 bis mit 14 cm bei 1 m über dem Abschnitt gemessen) und Reisstangen (bis mit 7 cm, ebenso gemessen). Schichtnutzholz ist das in Schichtmaße oder in Gebunde aufbereitete Nutzholz.

Nutzrinde ist die vom Stamm getrennte Rinde, soweit sie zur Gerberei oder zu sonstigen technischen Zwecken benutzt wird.

Bei Brennholz hat man zu unterscheiden: Scheiter, ausgespalten aus Rundstücken von über 14 cm am oberen Ende, ferner Knüppel oder Prügel über 7 bis mit 14 cm am obern Ende, Reisig bis mit 7 cm Durchmesser am untern Ende, und zwar Reisprügel (in Schichtmaße aufgesetzt) oder Wellen (Gebunde von 1 m Länge und 1 m Umfang), endlich Brennrinde und Stöcke.

Die Messung des Langnutzholzes soll in der Regel mit der Rinde erfolgen, nur dann ohne Rinde, wenn das Holz vor der Messung entrindet wird (vergl. weiter unten). Stämme werden auf Grund der gemessenen Längen (in Metern und geraden Dezimetern) und Durchmesser kubisch berechnet, kürzere Blöcke bis mit 5 m Länge können bei Messung des oberen Durchmessers nach lokalen Sätzen berechnet werden. Bei Stangenholz, das zunächst nach der Stückzahl aufgenommen wird, kann ebenfalls Berechnung nach Durchschnitts- und Erfahrungssätzen stattfinden.

Die Maß- und Rechnungseinheit für Holz bei der Abschätzung und Abschätzungskontrolle bildet der Kubikmeter fester Holzmasse (Festmeter).

1) J. d. preuß. F. u. J. 1876, S. 341.

Dies führt uns zur Besprechung der Ausformung des Holzes bei der Ernte. Nach der Fällung der Bäume handelt es sich zunächst darum, dieselben in für die Verwertung möglichst geeignete Stücke zu zerlegen.

Zunächst können als allgemeine Aufbereitungsgrundsätze gelten: die gefällten Bäume in Stücke von transportablen Dimensionen und Formen zu zerlegen; eine solche Teilung vorzunehmen, daß die Teile eine möglichst vielseitige Verwendbarkeit zeigen und es deshalb in der Folge möglich ist, sie derjenigen Verwendungsart zuzuführen, für die sie sich jeweils am besten eignen und zu der sie daher am meisten geschätzt werden; und endlich solche Einheiten zu bilden, die gleichartige Qualität zeigen und daher gleichen Wert für die Maßeinheit besitzen und zu gleichem Zweck Verwendung finden können.

Dabei wird man übrigens eben im Interesse möglichst vielseitiger Verwendbarkeit des einzelnen Stücks die Schäfte zunächst möglichst wenig zerschneiden und die weitere Teilung dem Käufer überlassen.

Wenn z. B. im Eichenholz der untere Teil eines Stammes wertvolles Schreiner- oder sonstiges Starknutzholz gibt, der Gipfel hingegen nur zu Schwellenholz geeignet erscheint, so wird man zwar eine Bezeichnung der Grenze zwischen Starkholz und Schwellenholz vornehmen und sodann den Gipfel bis zu dem Minimum der Schwellenholzstärke (in einer Länge, die ein Vielfaches der Schwellenlänge — 2,4 bis 2,5 m — darstellt) liegen lassen, allein man wird den Stamm auf der Grenze nicht zerschneiden lassen, weil vom Liebhaber vielfach eine noch vorteilhaftere Verwendung ausfindig gemacht wird, an der ihn das vorherige Zerschneiden hindern würde.

Auch bei anderen Laubnutzhölzern ist eine Zerstückelung von Stämmen, vielleicht veranlaßt durch Krümmungen oder Aeste, bisweilen von Nachteil, weil dem Käufer öfters ein Fehlbetrag von dem Bruchteil eines Meters den Stamm zu einer beabsichtigten Verwendung untauglich macht.

Nadelholzstämme läßt man bis zu einer Stärke aushalten, die noch eben zu Nutzholzzwecken brauchbar ist.

In Süddeutschland hat in neuerer Zeit eine Aufbereitung der Nadelholzstämme — als sog. Langholz — allgemeine Verbreitung gefunden, welche die Nutzholzbrauchbarkeit der Schäfte durch Berücksichtigung von Länge und Durchmesser am dünnen Ende (Ablaß oder Zopf) in glücklichster Weise erfaßt. Die Aufbereitung erfolgt nach Klassen verschiedener Längen und Zopfdurchmesser. Diese Klassenbildung heißt die „Heilbronner Sortierung", die, durch Flößerei und Holzhandel nach dem Rheine entstanden [1]), seit alter Zeit im württembergischen Schwarzwalde gilt und durch den Heilbronner Holzhandel weiter verbreitet worden ist. (Ueber die Geschichte der Heilbronner Sortierung vergl. Hähnle „Sortimentstafeln für Fichtenbestände Württembergs 1905, Einleitung). Die Heilbronner Sortierung bildete früher 5 Langholzklassen, jetzt als Süddeutscher Tarif 6 Klassen:

I. Klasse bei mindestens 18 m Länge wenigstens 30 cm Ablaß
II. Klasse bei mindestens 18 m Länge wenigstens 22 cm Ablaß
III. Klasse bei mindestens 16 m Länge wenigstens 17 cm Ablaß
IV. Klasse bei mindestens 14 m Länge wenigstens 14 cm Ablaß
V. Klasse bei mindestens 10 m Länge wenigstens 12 cm Ablaß
VI. Klasse alles kürzere und schwächere Langholz.

Neben diesen Langholzklassen geht ein weiteres Sortiment, Sägholz oder Abschnitte genannt, einher, bei dem die Länge keine entscheidende Rolle spielt, das

1) v. Schauenburg, Mündener forstl. Hefte XV—XVII.

aber, weil weniger wertvoll, nur in geringerem Umfange aufbereitet wird. Die Heilbronner Sortierung hat zuerst in Württemberg (etwa seit 1860) allgemeine Anwendung gefunden und ist in neuerer Zeit von den meisten süddeutschen Staaten übernommen worden. (Baden-reichsländischer Tarif.)

Die Einführung derartiger gemeinsamer Grundsätze für verschiedene Verwaltungen ist dem Holzhandel sehr erwünscht [1]). Der deutsche Forstwirtschaftsrat hat sich 1901 und 1904 mit dieser Frage beschäftigt und es als wünschenswert bezeichnet, daß die Messung und Sortierung der Handelshölzer, soweit es die Verhältnisse gestatten, in den deutschen Waldungen nach gleichen Grundsätzen erfolge [2]).

Es ist nicht immer richtig, daß bei Nadelholzschäften die größere Länge auch dem größeren Kubikinhalt entspricht. Es kommt, insbesondere bei tief herab beasteten und infolgedessen abfälligen Stämmen vor, daß durch Abschneiden von 2—3 Meter am Gipfel der Mittendurchmesser des Stammes um so viel sich erhöht, daß ein höherer Kubikinhalt bei der Berechnung resultiert, als wenn man dem Stamm jenes Gipfelstück belassen hätte.

Allgemeine Regeln für vorteilhafteste Entwipfelung der Nadelholzschäfte sind wohl schon aufgestellt worden, haben jedoch in der Praxis kaum Eingang gefunden.

Grebe schlägt vor, die Ablängung so zu bewirken, daß der obere Durchmesser $\frac{1}{3}$ der in Brusthöhe gemessenen Stammstärke betrage; auf diese Weise soll der Stamm ein gutes Ansehen behalten und an Gebrauchsfähigkeit gewinnen [3]).

Offenbar spielen hierbei die örtlichen Verwendungsarten, z. T. auch Gewohnheiten die größte Rolle; vor einem zu weit getriebenen Bestreben, die Nutzholzschäfte bis in die äußersten Zopfenden als Nutzholz ausformen zu lassen, muß aber entschieden gewarnt werden; dem höheren Nutzholzprozent steht sonst bisweilen ein geringerer Einheitspreis pro Festmeter gegenüber, indem der Käufer die für ihn wertlose Gipfelspitze bei seiner Kalkulation und bei Abgabe seines Gebotes für nichts rechnet.

Sägeblöcke des Nadelholzes (Abschnitte, Klötzer oder Bloche) haben gewöhnlich die durch den Handel gegebenen Normallängen (3—4$\frac{1}{2}$ Meter). Bei dem Umstand, daß bisweilen auch Bretter von nicht marktgängigen Längen begehrt werden, empfiehlt es sich, besonders schöne Schnitthölzer in ganzer, zum Bretterschneiden eben noch tauglicher Länge liegen zu lassen, damit der Käufer Gelegenheit hat, ungewöhnliche Blocklängen ausschneiden zu lassen.

Die Frage, bis zu welchem oberen Durchmesser Nadelholzsägeblöcke auszuhalten sind, beantwortet sich nach der örtlichen Nachfrage.

Zur eigentlichen Brettergewinnung für den Handel sind Stärken von 30—36 cm am vorteilhaftesten (normale Breite der Bretter 29 cm); für Anfertigung von Kisten, sowie zur Herstellung von Latten, Stollen, Leisten etc. kann man viel weiter (selbst bis 20 cm) herabgehen.

Man teilt die Sägeblöcke nach Abstufungen der Mitten-, oder auch wohl (z. B. in Sachsen) der Oberstärke, von 5 zu 5 oder 10 zu 10 cm Durchmesser in Klassen ein.

Anbrüchige Abschnitte finden immer ihre Verwendung, z. B. zu Kisten-, Ver-

---

1) Thaler, „Allgem. deutscher Holzklassentarif in Sicht". A. F.- u. J.-Z. 1902, S. 365 ff. Hoffmann, „Die Aufstellung gleicher Holztaxklassen für ganz Deutschland." A. F.- u. J.-Z. 1903, S. 179 ff. Eberhard, „Aufstellung gleicher Holztaxklassen und Draufholzfrage." A. F.- u. J.-Z. 1906, S. 130.

2) Kahl, A. F.- u. J.-Z. 1905, S. 236 (berichtet über die Beschlüsse des Forstwirtschaftsrats).

3) Grebe, Forstbenutzung, 3. Auflage, S. 134.

schalungsbrettern u. dergl., man muß dieselben nur als solche besonders bezeichnen und beim Verkauf von der guten Ware sondern, wie es denn überhaupt als Grundsatz festzuhalten ist, daß man die schadhaften Stellen der Hölzer nicht zu verdecken suchen, sondern dem Käufer offen legen soll, da im ersteren Falle das Vertrauen für künftige Verkäufe geraubt wird.

Nadelhölzer werden (bei der Fichte schon zur Gewinnung der Rinde und zur Vorbeugung gegen den Bohrkäfer und Borkenkäfer) meist entrindet; sie trocknen hierbei leichter aus und gewinnen an Transportfähigkeit. Zur Verhinderung des Aufreißens läßt man wohl an den Enden, sowie auch in der Mitte Rindenringe stehen.

Eine Ausnahme von der Regel des Schälens machen Hölzer, die zu Brunnenröhren bestimmt sind (Kiefern oder Fichten); dieselben sind wegen der Gefahr des Reißens unentrindet zu lassen und baldmöglichst aus dem Wald und ins Wasser zu schaffen.

Bezüglich der Aussortierung der geringeren Nutz- und Stangenhölzer lassen sich ins einzelne gehende Vorschriften nicht wohl erteilen. Die möglichste Ausnützung der Hiebsergebnisse zur Formung solcher Sortimente ist oberster Grundsatz der Forstbenutzung. Selbst wenn die zu erlangenden Erlöse nur wenig über dem gewöhnlichen Brennholzpreis stehen, verdient es Beachtung, daß durch reichliche Ausnützung der Nutzholzsortimente der Brennholzanfall vermindert und dadurch die Möglichkeit gegeben wird, selbst geringere Brennhölzer besser zu verwerten.

Bei Ausformung der Stangenhölzer (Hopfenstangen, Wagnerhölzer) ist tiefer Aushieb derselben aus dem Boden sowie Beibehaltung der größtmöglichen Länge anzustreben; das Entgipfeln ist also in der Regel zu unterlassen. Man legt die Stangen in Haufen, deren Zahl meist auf je 10 abgerundet ist, zusammen.

Baum- und Weinpfähle, Telegraphenstangen, überhaupt solche Sortimente, die in bekannten Längen gebraucht werden, läßt man so ablängen, wie es der Begehr fordert.

Auch bei den Nadelstangenhölzern ist das Schälen vielfach üblich und nützlich, teils wegen Erleichterung des Austrocknens, teils als Vorbeugung gegen Insektenbeschädigungen.

Schichtnutzholz wird aus dem zu Langnutzholz nicht tauglichen Teile des Einschlages, der sonst nur Brennholz liefert, ausgesondert. Es handelt sich hier meist um astreines, glattspaltiges Holz für Schnitzer, Böttcher, Wagner, Felgenhauer, Drechsler etc. Bei Ausformung desselben ist besonders darauf zu sehen, daß nicht wertvolles und besser bezahltes Langnutzholz in Scheitholz zerschnitten wird, daß vielmehr nur solche Nutzholzabschnitte, die wegen irgend eines Fehlers in größeren Längen nicht zu benutzen sind, zur Formung des Schichtnutzholzes verwandt werden, letzteres im übrigen aus dem Brennholz ausgeschieden wird.

Brennholz zerfällt in Scheitholz und Prügelholz; unter letzterem sind die Rundstücke von über 7 bis 14 cm Durchmesser am oberen Ende zu verstehen; stärkere Hölzer werden behufs leichterer Austrocknung in Scheiter gespalten; bei normal gewachsenem Holze bedient sich der Holzhauer hier neben der schweren keilförmigen Spaltaxt des Keils; Verwendung finden hölzerne und eiserne Keile; erstere haben den Vorzug vor letzteren, daß sie mit dem Rücken der Axt eingetrieben werden können, dagegen den Nachteil größerer Reibung und daher geringerer Wirksamkeit. Der beste und meistverwendete Keil, der die Vorteile des Holzkeils mit denen des Stahlkeils verbindet, ist der zusammengesetzte Keil mit eisernem Schuh und hölzernem Kopf, welch letzterer aus zähem Hainbuchenholz hergestellt wird und gegen das Breitschlagen durch einen Eisenring gesichert ist.

Auch beim Brennholz muß auf eine sorgfältige Sortierung Bedacht genommen werden; zunächst müssen die verschiedenen Holzarten je nach ihrem Brennwert auseinandergehalten und dürfen beispielsweise nicht Buchen und Eichen untereinander gesetzt, sondern allenfalls nur solche Holzarten zusammen in einen Stoß gelegt werden, die in ihrer Brenngüte gleichstehen. Es ist ferner darauf zu sehen, daß zu gesundem Holz kein anbrüchiges, zu Scheitholz keine schwachen Prügel gelegt werden; knorriges Holz ist von glattspaltigem zu trennen.

Sortimente, die nur spärlich vorkommen, so daß man aus ihnen keinen vollen Stoß herstellen kann, lege man nicht zu der nächst besseren, sondern zu einer geringeren Klasse; im ersteren Falle wird das Ansehen des guten Holzes geschmälert, im letzteren gewinnt die Verkaufsfähigkeit des schlechten durch Beimischung von etwas besserem Holz.

Alle Stöße müssen gut und dicht zwischen fest eingeschlagene Stützen gelegt werden, sie erhalten die richtige Scheitlänge und normale Weite, in der Höhe gibt man oft 10 cm Uebermaß (Darrschicht) zu, wenn das Holz bis zur Verwertung voraussichtlich einige Zeit im Walde stehen bleiben muß.

Zur Erlangung guten Sortierens und Aufschichtens der Brennhölzer hat man die Aufstellung besonderer Holzsetzer vorgeschlagen, derart, daß die gewöhnlichen Holzhauer das Fällen, Ablängen und Aufspalten besorgen, während das Sortieren und Setzen besonders bevorzugten Holzhauern übertragen wird. Man geht davon aus, daß das Holzsetzen besondere Uebung und Geschicklichkeit erfordere; auch nimmt man an, daß der Holzsetzer, selbst wenn er auch im Akkord arbeitet, doch durch ein lückiges Setzen nur einen geringeren Mehrverdienst habe, als der Holzhauer selbst, da er nur an den geringen Kosten des Setzens, nicht aber an den Hauptkosten der Aufarbeitung teilhabe, daher kein so großes Interesse an fehlerhafter Arbeit, die ein Mehrergebnis hervorruft, haben könne. — Diese Erwägungen sind ohne Zweifel nicht unrichtig, allein ohne eine eingehende Kontrolle seitens des Wirtschaftspersonals wird auch der Holzsetzer nicht ordentlich arbeiten und eine Erschwerung der Betriebsarbeiten wird mit dieser Einrichtung immerhin verbunden sein; dasselbe scheint daher in der Praxis wenig Eingang gefunden zu haben.

Ast- und Reisholz wird entweder mittelst Holzwieden, bezw. dünnem Draht in Wellen gebunden oder in Raummeter zusammengelegt. Bei Sortierung des Reisholzes in Wellen, wobei die Normalwelle 1 m Länge und 1 m Umfang, oder 1,5 m Länge und 0,8 m Umfang haben soll, empfiehlt sich zur Beförderung des Austrocknens die Aufstellung derselben in schief gegeneinander dachförmig geneigten Reihen, nicht aber wagrechte Auflagerung; oben auf die Reihe legt man für je 10 Stück eine Welle wagrecht, so daß sofort ersehen wird, wieviel Zehner der Stoß enthält. Die stärkeren Knüppel schneidet man bisweilen zweckmäßig als sogenannte Reisknüppel aus und läßt dieselben ins Raummaß setzen. In holzreichen Gegenden empfiehlt es sich dann öfters, auf das Ausbinden des geringen Reisholzes gar keine weiteren Kosten zu verwenden, sondern dasselbe auf Haufen zusammenbringen, zwischen einzuschlagende Pfähle aufschichten zu lassen und in dieser Form nach dem Raummaß zu verwerten. — Insbesondere erweist sich dieses Verfahren bei Verwertung des Nadelreisigs, das in manchen Gegenden als Streumaterial sehr gesucht ist, nützlich; meist wird dasselbe jedoch einfach auf Haufen gebracht und nach Wellen geschätzt.

Stockholz gewinnt man entweder mittelst der in § 19 beschriebenen Baumrodung oder, nachdem die Stämme mit Axt und Säge gefällt worden sind, durch besonderes Ausgraben der im Boden verbliebenen Stöcke. Das Verfahren der Stock-

rodung nach vorausgegangener Fällung der Stämme mit Axt und Säge ist das weitaus gebräuchlichste Verfahren.

Auch beim Stockroden werden die Hauptwurzeln vom Stamm getrennt und aus der Erde gegraben; den stehengebliebenen Stock zerkleinert man in der Regel mittelst Zerspaltens in einzelne Teile und Herausdrehens derselben mittelst Hebestangen; ist der Stock niedrig, so wird er wohl auch ganz ausgegraben, auf die Abschnittsfläche gesetzt und von unten aus gespalten.

An steilen Hängen oder inmitten von Verjüngungen beläßt man wohl auch das Wurzelholz im Boden und spaltet nur den eigentlichen Stock des Baumes ab, indem man möglichst nahe an der Erde einzelne Kerben einhaut und von oben in der entsprechenden Breite des Stammes Keile eintreibt (Abschmatzen, Ausspitzen).

Neben der bloßen Handarbeit unter Benutzung der gewöhnlichen Holzhauerwerkzeuge, sowie von besonderen Stockrodemaschinen (Krupp, Boos . . .), auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll, wird zur Zerkleinerung des Stockholzes auch die Anwendung verschiedener Sprengstoffe (Pulver und Dynamit, Cahücit usw.) mehrfach empfohlen. Hierbei wird der zu sprengende Stock von der Seite, von oben oder auch unten angebohrt, das Bohrloch mit Pulver oder Dynamit besetzt und dieses unter Anwendung einer Zündschnur (bei Dynamit derart, daß an der Zündschnur ein Zündhütchen aufgesetzt und in das Dynamit eingeführt ist) und nach gehörigem Verschluß des Bohrloches zur Explosion gebracht.

Dynamit wirkt kräftiger und zerreißt den Stock mehr als Pulver, bei dem öfters nur Risse entstehen, die zum weiteren Angriff mit Axt und Keil benutzt werden.

Man hat, insbesondere zur Pulversprengung, besondere Instrumente konstruiert, die zur sicheren Einführung der Sprengpatronen in das Innere des Stockes und zu einem guten Verschluß des Bohrloches dienen. Es sind dies die sog. Sprengschrauben; gemeinsam ist ihnen allen eine in das Bohrloch einzuführende hohle Schraube, die auf die Zündmasse aufgeschraubt wird, bezw. diese nebst der Zündungsvorrichtung enthält. Am vollkommensten ist die von Forstmeister Urich erfundene Zündnadelsprengschraube [1]), bei der das Pulver durch eine mit einer Spiralfeder verbundene Zündnadel, die in einen Zündspiegel einschlägt, zur Entzündung gebracht wird, während bei anderen Sprengschrauben, z. B. denjenigen von Fribolin, sowie von Preuschen, die Zündung durch Abdrücken einer dem Schlosse eines Gewehres entsprechenden Vorrichtung zu bewirken ist.

Statt der Sprengschrauben hat Oberförster Lang den Sprengpfropf zum Verschluß des Bohrloches konstruiert [2]), ein kegelförmiges Eisenstück, in seiner Achse zur Aufnahme der Zündschnur durchlocht und so eingerichtet, daß es mittelst eines hölzernen Schlegels in das mit Pulver geladene Bohrloch eingetrieben wird. Diese Methode scheint wegen der Billigkeit des Apparates (50 Pfennig pro Stück), die es ermöglicht, daß die Holzhauer sich denselben auf eigene Rechnung beschaffen können, beachtenswert.

Im allgemeinen ist die Stockholzzerkleinerung durch Handarbeit gegenüber der Verwendung von Sprengstoffen bis jetzt wenig zurückgegangen. Es liegt dies vornehmlich daran, daß die Anwendung von Pulver oder Dynamit nur bei dem Baumrodungsverfahren von überwiegendem Vorteil ist, indem die Wirksamkeit dieser Sprengstoffe an die Bedingung geknüpft ist, daß der gerodete Stock bereits außerhalb des Bodens liegt, wogegen, wenn sich der Stock nach Abtrennung des Baumschaftes noch in der Erde befindet, mit den Sprengmitteln ein geringerer Erfolg erzielt wird.

1) Z. f. F. u. Z. 1876, S. 418. Zündnadel-Sprengschraube von Urich.
2) A. G.- u. J.-Z. 1882, S. 68. Der Sprengpfropf von Lang.

Was übrigens die Vorteile der Anwendung von Sprengmitteln gegenüber der Handarbeit, ausgedrückt in der Verminderung der Gewinnungskosten, anlangt, so dürfte sich dieselbe gewiß bei harten, zähen und vermaserten Stöcken als nennenswert herausstellen [1]; bei Fichten hat sich die Handarbeit billiger gezeigt, als die Anwendung von Sprengmitteln; auch bei Kiefern stellte sich die Gewinnung von 1 rm Stockholz billiger durch Handarbeit, als durch Dynamit [2].

Diese letzteren Erfahrungen beziehen sich jedoch nicht auf Stöcke, die bei der Baumrodung gewonnen waren.

Es ist nicht anzunehmen, daß die Handarbeit durch die Stocksprengung mit Pulver, Dynamit und anderen Stoffen im großen und ganzen verdrängt werden wird; diese Sprengstoffe werden jedoch immerhin als Hilfsmittel Beachtung verdienen, wobei Dynamit wegen der größeren Umständlichkeit des Bezugs und der leichteren Veranlassung zu Unfällen, sowie der Schwierigkeit der Anwendung desselben im Winter (es gefriert schon bei + 8° Celsius) gegenüber dem Pulver im Nachteil stehen dürfte. Neuestens wird ein neues Sprengmittel, Cahücit, von vielen Seiten angelegentlich empfohlen.

Das zerkleinerte Stockholz wird in Raummeter aufgesetzt. Da dasselbe nie glatt und gerade, sondern immer sperrig und mehr oder weniger gekrümmt ausfällt, so ist beim Aufsetzen eine besondere Aufsicht auf gutes Legen zu führen; am meisten empfiehlt es sich, die Stöße nur in Tiefen von ½ Meter aufschichten zu lassen, da auf diese Weise Undichtigkeiten und Lücken am leichtesten entdeckt werden.

Auch beim Stockholz ist es geboten, die verschiedenen Holzarten beim Aufsetzen zu sondern; vom Fichtenholz gewinnt man öfters viel anbrüchige Stöcke und Wurzeln. Diese müssen von dem gesunden Material bei dem Aufsetzen streng geschieden werden.

§ 21. **Nutzung der Rinde.** Im Laubholz ist in der Regel nur die Gewinnung der Eichenrinde von jüngeren Stämmen, insbesondere im Nieder- und Mittelwald, Gegenstand der forstlichen Nutzung. Im Nadelwald schält oder räppelt man unter Umständen fast alle Stämme zur leichteren Austrocknung und Abwehr von Insektenschäden, allein eine Nutzung von besonderer Erheblichkeit gewährt in den deutschen Wäldern hierbei nur die Fichte, deren Rinde zur Lohgewinnung dient.

Die Lösbarkeit der Rinde vom Holzkörper ist an die Zeit des Saftsteigens, die mit dem Knospenausbruch zusammenhängt, gebunden. Die beste natürliche Schälzeit ist vom Mai bis Ende Juni, selbst bis Juli. In diese Zeit fällt also die Rindennutzung, da die in Frankreich durch Le Maître erfundene Methode der Dampfschälung, bei welcher die zu schälenden Hölzer in eine mit Dampf gefüllte Kiste gelegt werden und das Schälgeschäft von der Jahreszeit unabhängig ist, in Deutschland keinen Eingang gefunden hat [3].

Die Schälzeit der Traubeneiche beginnt 8—12 Tage später als die der Stieleiche; die Rinde löst sich am besten bei warmer und feuchter Luft, insbesondere in den Morgen- und Abendstunden.

Nach früheren Versuchen nahm man an, daß das Gewicht der Volumeneinheit zu Ende der Schälzeit größer sei als zu Anfang derselben; so z. B. hat Oberförster

---

1) Nach Heß bezifferten sich die Gewinnungskosten für Buchenstöcke bei Pulversprengung auf 1,02 M., bei Handarbeit auf 2,33 M. pr. rm. Es waren dies durch Baumrodung gewonnene Stöcke. F. Z.-Bl. 1883, S. 147.

2) Z. f. F. u. J. 1878, S. 337. Schuberg, Versuche mit Stocksprengungen. F. Z.-Bl. 1880, S. 99 ff. Ueber Dynamit-Stocksprengversuche.

3) Z. f. F. u. J. 1870, S. 341. Die Dampfentrindung von A. Bernhardt.

Reuß nachgewiesen, daß gleich große Gebunde Lohe im Mai geschält 14,1 Kilo, im Juni geschält hingegen 14,7 Kilo wogen [1]).

Später hat v. Eschwege eine Erfahrung veröffentlicht, nach der sich umgekehrt für die früher geschälte Lohe ein größeres Gewicht ergibt, als für die später geschälte. Rinde, in der Zeit vom 1.—14. Mai 1878 geschält, ergab ein Gewicht von 6,9 Kilo pro Gebund, während gleichgroße Gebunde desselben Standortes, vom 15. bis Ende Mai geschält, im Durchschnitt nur 5,9 Kilo gewogen haben [2]).

Mag nun aber die eine oder andere Beobachtung richtig sein, so wird doch jedenfalls der Eichenschälbetrieb so frühzeitig als möglich einzusetzen haben, schon im Interesse einer rechtzeitigen Beendigung der Ernte, dann aber auch zur Erzielung eines besseren Ausschlags von den gehauenen Stöcken, dem noch Zeit zu guter Verholzung bleiben muß.

Das Verfahren bei der Rindenernte ist folgendes: Zunächst wird schon vor der eigentlichen Schälzeit das sog. Raumholz, d. h. die den Eichenausschlägen beigemischten anderen Holzarten, sowie die nicht schälbaren Eichenloden, gehauen und aus den Schlägen entfernt, sofern dies nicht schon einige Jahre früher geschehen; gleichzeitig werden wohl auch die Wasserreiser von dem Eichenschälholz abgehauen.

Das Schälen selbst erfolgt nach verschiedenen Verfahren. Vielfach angewendet wird das Schälen am liegenden Holz, indem zunächst die Stangen vom Stock getrennt und in 1 m lange Stücke zerlegt werden. Das Loslösen der Rinde erfolgt hierauf durch Klopfen mit Holzschlegeln auf hölzerner Unterlage. Das Verfahren hat den Nachteil, daß durch das Klopfen sowohl Saft wie Rindenteile verloren gehen, daß die Rinde gequetscht wird, daher leichter schimmelt, und daß endlich besondere Vorrichtungen zum Trocknen der Rindenrollen notwendig sind.

Ein weiteres Verfahren ist das Stehendschälen. Hier werden nach Abhieb der Aeste die stehenden Stangen von unten her geschält, indem man die Rinde zunächst auf einer Seite der Länge nach aufreißt, sie am Fuße der Stange ringsum löst und nach oben abzieht. Zur Loslösung der Rinde bedient man sich besonderer Werkzeuge, der Lohlöffel. Die Loslösung erfolgt bis an die Zweige unter Verwendung von Leitern.

Da die Rinde hierbei am Stamm hängen bleibt, so trocknet sie leicht und rasch. Nachteilig ist, daß die Rinde von den Aesten und Zweigen nicht gewonnen werden kann, auch ist das Verfahren ermüdend.

Eine dritte Methode ist die des Geknicktschälens. Die Stange wird hierbei von unten im Stehen bis zu 1 m Höhe geschält, hierauf nach Einhauen mit der Axt geknickt, so daß die Spitze vom Boden aus erreichbar ist und nunmehr die liegende Stange mit Leichtigkeit weiter geschält. Zur Gewinnung der Rinde von den Zweigen werden diese geklopft. Die Rinde bleibt auch hier zum Trocknen am Stamme hängen.

Dieses Verfahren ist wohl das beste, weil es bequem zur Ausführung zu bringen ist und eine sorgfältige Nutzung der Rinde gestattet.

Wesentlich ist nun weiterhin ein rasches Austrocknen der Rinde, wobei es darauf ankommt, daß dieselbe nicht beregnet wird, da sie sonst durch Wasser einen Teil ihres Gerbstoffes verliert.

Damit das Trocknen rasch vonstatten geht und die Rinde hierbei nicht auf dem Boden aufliegt, weil sie dabei leicht schimmlig wird, fertigt man beim Liegendschälen besondere Trockengerüste, indem man 2 Paare von Stangen kreuzweise im

1) M. f. F. u. J. 1866, S. 450.

2) Z. f. F. u. J. 1886, S. 283. v. Eschwege, Einfluß der Schälzeit auf das Gewicht der Eichen-Lohrinde.

Boden befestigt und, nachdem dieselben an dem obersten Teil zusammengebunden sind, in die so entstandene Gabel eine weitere Stange legt, auf der nach dem Boden in der Richtung nach der Sonnenseite weitere Stangen angelegt werden.

Auf diese Gerüste werden die Rinden dünn ausgebreitet und, nachdem eine Seite abgetrocknet ist, umgewandt [1]).

Bei Eintritt von Regen deckt man wohl auch die Rinde mit Tüchern zu. Daß ein solches Verfahren, das in Ungarn allgemein eingeführt ist, in Deutschland nur ausnahmsweise angewandt wird, gehört mit zu den stehenden Klagen der Rindenkäufer.

Nach der Abtrocknung erfolgt das Binden der Rinde in Gebunde. Hierzu benutzt man besondere Böcke, (Rinden- oder Bindböcke), aus kreuzweise in die Erde geschlagenen Prügeln bestehend. Die Gebunde werden mit Wieden oder Stricken gebunden. Ihre Länge und Stärke richtet sich nach den ortsüblichen Gewohnheiten und variiert zwischen 1—2 Meter Länge und 0,6—1,10 Meter Umfang. Beim Aufbinden wird gleichzeitig sortiert.

Man sortiert entweder nach Jung- und Altrinde, oder schärfer (Sortierung des früheren Heilbronner Rindenmarkts) nach:

Glanzrinde (Jung- oder Spiegelrinde) von Loden bis zu 10 cm Stärke in 1 m Höhe über dem Boden. Diese Sorte bildet die beste Qualität, ist glatt und silbergrau, ohne Borkebildung; sie stammt aus bis zu 20jährigen Schälschlägen.

Reitelrinde, von 10—20 cm starken Stammstücken, hat geringere Qualität, ist rauh (beginnende Borkebildung) und stammt aus Durchforstungen und älteren Schälschlägen.

Grobrinde (Rauh- oder Altrinde) von Stammstücken und Aesten über 20 cm Durchmesser, ist starkborkige Rinde und zeigt geringste Qualität.

Da die Rinde gewöhnlich nach dem Gewicht verkauft wird, so erfolgt in diesem Fall unmittelbar nach dem Abtrocknen das Verwiegen und die Uebergabe an den Käufer. An manchen Orten ist der minder sichere Verkauf nach Gebunden im Gebrauch.

Auch von älteren Eichenstämmen wird in manchen Gegenden die Rinde als Gerbmaterial gewonnen.

Man schält hier meist im Liegen, indem die Rinde in meterlange Kränze eingekerbt, mit einem Lohschlitzer aufgerissen und sodann abgelöst wird. Doch ist auch das Verfahren des Stehendschälens im Gebrauch, wobei die geschälten Stämme nicht alsbald nach dem Schälen, sondern erst im folgenden Winter abgehauen werden; dieselben sollen hierbei an Güte und Festigkeit des Holzes gewinnen, indem sie im Gipfel grün werden, auf welche Weise der Saft herausgezogen wird [2]).

Der Verkauf der Alteichenrinde findet in der Regel nach Raummetern statt.

Das Schälen der Fichten erfolgt derart, daß die gefällten Stämme und Stangen in Entfernungen von 1—2 Meter ringsum eingekerbt und die Rindenringe meist mittelst hölzerner, harter, zugespitzter Rindenschlitzer abgelöst werden. Diese Rindenringe rollen sich zusammen; sie werden an die liegenden Stämme zum Trocknen angelehnt, nach erfolgter Austrocknung in Raummeter gelegt und diese verwertet. Auch verkauft man wohl die Rinde nach der Stückzahl der Rollen. Bei dem geringeren Wert und Preis der Fichtenrinde ist der Verkauf nach dem Gewicht nicht

1) Etwas abweichende Trockengerüste mit Reisigdecke gegen Regen werden beschrieben von Schütz in Z. f. F. u. J. 1881, S. 615.

2) Z. f. F. u. J. 1880, S. 639. Brauns, Verfahren, die Eichen stehend zu schälen.

üblich; hingegen überläßt man wohl auch die Rinden zur Selbstgewinnung an den Käufer derart, daß ein Kaufpreis je Stamm oder je Stange gezahlt wird.

Es ist zu bemerken, daß die Rinde nicht nur von solchen Stämmen sich schälen läßt, die zur Saftzeit gefällt sind, sondern daß mit Eintritt der letzteren die Rinde auch an Stämmen schälbar wird, die schon im Winter geschlagen sind. Doch ist in diesem Fall die Zeit, während deren das Schälen noch geht, sehr kurz.

Auch Fichtenrinde verliert infolge von Auslaugen durch Regen bedeutend an Güte, man verkauft dieselbe meist schon vor der Aufbereitung und übergibt sie dem Käufer alsbald nach Beendigung derselben.

Alte borkige Tannenrinde, die ein gutes Brennmaterial abgibt, schält man ebenso wie Fichte.

Die Rinde vom Lindenholz ist zur Darstellung des Bastes zu benutzen. Ihre Gewinnung ist in Rußland von Wichtigkeit, in Deutschland ist sie wohl nirgends Gegenstand der regelmäßigen Forstbenutzung. Die geschälte Rinde wird, ähnlich wie Flachs, im Wasser geröstet, und es wird alsdann durch Klopfen die Bastlage von dem eigentlichen Rindenkörper gelöst [1]).

Was die Materialerträge der Gerbrindennutzung, sowie die Volumen-Verhältnisse des Holzes zur Rinde anlangt, so ist darüber folgendes zu sagen:

Im Eichenschälwald hat man je nach dem klimatischen Charakter der verschiedenen Gebiete, sowie der Beschaffenheit, endlich nach der wirtschaftlichen Behandlung der Wälder (Umtrieb, Bestandespflege etc.) sehr verschiedene Erträge.

Nach Bernhardt [2]) kann man bei kürzeren (12—17jährigen) Umtrieben folgende Zahlen annehmen:

I. Kl. (sehr günstiges Klima, sehr guter Boden) ein Jahres-Durchschnittszuwachs pro Hektar von 10 Zentner Rinde und 7 Festmeter Holz.

II. Kl. (günstiges Klima, guter Boden) 8 Zentner Rinde und 6 Festmeter Holz.

III. Kl. (westdeutsches Bergklima, mittelmäßiger Boden) 5 Zentner Rinde und 5 Festmeter Holz.

IV. Kl. (nordwest- und mitteldeutsches Klima, guter, namentlich frischer und tiefgründiger Lehmsandboden), $3\frac{1}{2}$ Zentner Rinde und 4 Festmeter Holz.

V. Kl. (norddeutsches Klima, frischer Sandboden) 3 Zentner Rinde und 4 Festmeter Holz.

Nach Forstmeister Ostner [3]), ergaben sich im Odenwald folgende Ertragszahlen bei 15jährigem Umtrieb als Durchschnitte pro Jahr und Hektar:

I. schlechte, lückige Schläge 2,7 Zentner Rinde und 1,6 Raummeter Schälholz;

II. mittlere, mäßig geschlossene Schläge 4 Zentner Rinde und 2,4 Raummeter Schälholz;

III. gute, geschlossene Schläge	5,3 Ztr.	und	3,2 Rm.
IV. sehr gute „	6,7 Ztr.	und	4,0 Rm.
V. vorzügliche „	8 Ztr.	und	4,8 Rm.
VI. ungewöhnliche „	9,3 Ztr.	und	5,8 Rm.

Als Höchstbetrag werden pro Hektar 225 Zentner Rinde beim Abtrieb, entsprechend 15 Zentner Durchschnittsertrag pro Hektar angegeben.

Nach Baurs „Untersuchungen über die Festgehalte und das Gewicht des

1) A. F.- u. J.-Z. 1873, S. 290. Verwendung des Lindenbastes in Rußland.
2) Eichenschälwaldkatechismus von A. Bernhardt, 1877, S. 66.
3) Statische und statistische Mitteilungen aus dem Eichenschälwald von Walther. Z. f. F. u. J. 1886, S. 339.

Schichtholzes und der Rinde" (1879) hat man folgende Verhältniszahlen zwischen Volumen und Gewicht der Eichenrinden anzunehmen:

Eichen-Altrinde	geputzt, waldtrocken	1 Zentner	= 0,065 fm
	ungeputzt	,,	= 0,064 fm
Eichen-Jungrinde			
	Spiegelrinde	1 Zentner	= 0,0565 fm
	Reitelrinde	,,	= 0,0595 fm
	Grobrinde	,,	= 0,0620 fm

Auf den Raummeter geschälten Holzes kann man nach Baur[1]) rechnen:

bei jüngerer Stammrinde	1,00	Zentner	waldtrockene	Rinde.
bei älterer Stammrinde	1,50	,,	,,	,,
bei Astreitelrinde	1,30	,,	,,	,,
bei Astglanzrinde	0,76	,,	,,	,,

Die Prozente der Rinde im Verhältnis zum ungeschälten Holz sind je nach dem Alter, bezw. der Stärke des Holzes verschieden, mit abnehmender Stärke nehmen sie naturgemäß zu. Man kann nach Baur im Durchschnitt rechnen:

Astglanzrinde	35 %	des Holzgehaltes
Astreitelrinde	30 %	,, ,,
Stammglanzrinde	27 %	,, ,,
Stammreitelrinde	18 %	,, ,,

Bei Fichtenrinde in Rollen kann man nach Baur den Raummeter grün = 0,27 fm und waldtrocken = 0,15 fm ansetzen; das Gewicht pro Raummeter beträgt nach Baur waldtrocken 111 Kilo, grün hingegen 227 Kilo. Ueber die Frage nach dem Prozentsatz der Rinde im Verhältnis zum Holz liegen bezüglich dieser Holzart in der Literatur bis jetzt wenig Angaben vor.

Ueber die in der Sachsen-Meiningischen Staatsforstverwaltung angestellten Versuche und deren Resultate ist anzuführen, daß die Rindenprozente mit zunehmender Standortsgüte und Zunahme der Stärken wesentlich abnehmen. Auf geringen Standorten ist die Rinde verhältnismäßig stärker, ebenso an jüngeren, bezw. schwächeren Stammteilen. Für eine mittlere Ortsgüte von 0,5 ergaben sich folgende Rindenprozente der ganzen Baumschäfte:

bei 10 cm	Durchmesser	17,0 %	bei 21—35 cm	Durchmesser	12,2 %
bei 11—15 cm	,,	13,4 %	bei 36—40 ,,	,,	12,0 %
bei 16—20 cm	,,	13,0 %	bei 41—45 ,,	,,	11,6 %.

III. Verwertung der Fällungsergebnisse.

§ 22. Schlagaufnahme. Bei Aufarbeitung der Schlagergebnisse ist auf ein geordnetes Anrücken derselben an Wege, Schneisen, Schlagränder behufs erleichterter Uebersicht, sowie zur Schonung der Anwüchse und zur Beförderung des Absatzes zu sehen. Es erfolgt dies beim Brennholz, Reisig und den geringeren Nutzhölzern mittelst Tragens, Fahrens, auf Schiebkarren oder Handschlitten, sowie bei stärkerem Holz durch Schleifen, nötigenfalls unter Anwendung von Zugkräften, wobei das Vordergestell eines Wagens zur Aufnahme des zu schleifenden Stammes mit Vorteil benützt wird[2]). An steileren Hängen im Gebirge ist vielfach das „Sei-

1) Untersuchungen über Eichengerbrinde von Baur. M. f. F. u. J. 1875, S. 241.

2) Eine sehr zweckmäßige Transportvorrichtung zum Ausrücken von Langnutzholz beschreibt Grunert unter dem Titel „der Neuhauser Rückwagen" in F.-Bl. 1886, S. 159. Es ist dies ein Räderpaar mit Achse und einer Lenkwiede, an der die Vorrichtung zum Anspannen des Zugviehs sich befindet; die Benutzung geht derart vor sich, daß die Räder über den Stamm ge-

l e n" des Stammholzes üblich, das darin besteht, daß am dicken Stammende mit Hilfe des Lotnagels ein Seil befestigt wird. Dieses Seil wird mehrmals um einen stehenden Baum geschlungen und nun der in der Richtung des stärksten Gefälls und mit dem dünnen Ende nach abwärts liegende Stamm durch Drehen in gleitende Bewegung gesetzt. Diese Abwärtsbewegung wird durch Anziehen und Nachlassen des Seils geregelt und so der Stamm allmählich zu Tal gebracht. (Vergl. M ü l l e r, Schweizer Zeitschr. f. Forstwesen 1905, S. 6.)

Nach erfolgtem Anrücken und Aufsetzen haben die einzelnen Holzhauerrotten die von ihnen aufbereiteten Forsterzeugnisse mit einem Zeichen, am besten einer Nummer zu versehen, die ein für allemal angibt, welche Partie dieselbe aufgearbeitet hat.

Nach Fertigstellung der Hauung erfolgt die Schlagaufnahme. Dieselbe dient zur förmlichen Uebernahme der Hiebsergebnisse seitens der Forstverwaltung von den Holzhauern, sowie zur Verzeichnung derselben in besondere Aufnahmelisten (Nummernbücher) behufs der Verwertung.

Jeder Posten vom Rund-, Werk- oder Brennholz, sowie jeder Haufen Reisig erhält eine Nummer; man wählt getrennte Nummernfolgen für Stammholz, Stangen, Schichtholz, Reisig, Stöcke etc. Das Anschreiben der Nummern erfolgt beim Schichtholz auf die Stirnfläche eines zweckmäßig etwas herausgestoßenen Scheites oder Knüppels (Nummernscheit), beim Langnutzholz an die untere Abschnittfläche, beim Reisholz auf besonders herausgezogene Prügel. Man bedient sich dazu der gewöhnlichen Rotstifte, oder besonders präparierter Kohlen (Lindenkohle mit Oel getränkt). Wenn die Hölzer längere Zeit bis zur Verwertung bzw. Abfuhr im Walde lagern müssen, so ist es zweckmäßig, die Nummern auf besondere Weise dauerhaft anzubringen. Hierzu kann man Oelfarbe wählen, bei deren Anwendung die Zahlen mit einem Pinsel angeschrieben werden; auch hat man Schablonen von schwachem Blech, mittelst deren ebenfalls unter Anwendung von Oelfarben die Zahlen angebracht werden können.

Außerdem gibt es noch eine Anzahl besonderer Apparate, unter denen die meiste Beachtung der G ö h l e r sche N u m e r i e r s c h l ä g e l verdient [1]). Vermittelst desselben werden die Nummern mit Farbe in das Holz eingeschlagen, so daß sie fest und dauerhaft sind. Die Anwendung des Apparates hat die große Annehmlichkeit, daß durch einen einfachen Hebeldruck nach dem Einschlagen einer Nummer die zunächst folgende sich von selbst stellt. Die Nummertypen sind erhaben und werden auf einer Filzplatte, die mit Leinöl und Druckerschwärze getränkt ist, oder mit Hilfe eines Pinsels geschwärzt. Die Arbeit geht mit diesem Apparat rasch, sicher und sauber von statten, die Zahlen haften gut und sind von weitem erkennbar. Um das Geschäft des Numerierens jedoch nicht unnötig für den Forstbeamten aufzuhalten, empfiehlt es sich, die Nummern zunächst mit Rotstift leicht anzuschreiben,

---

schoben und derselbe unter der Achse mit Scherenhaken, am vorderen Teil der Lenkwiede mittelst Kette befestigt wird. Ein großer Vorteil liegt dabei darin, daß die Stämme nicht a u f dem Wagen, sondern u n t e r demselben befestigt werden, so daß ein Mann Stämme von 2 fm allein zu heben und zu regieren imstande ist. Von ähnlicher Einrichtung ist der „A h l b o r nsche Blochwagen", beschrieben von G r u n e r t in F.-Bl. 1887, S. 39. Ferner wurde von Obf. B r o c k ein Rückwagen angegeben, der als ein kleiner Wagen mit ganz niedrigen Rädern darzustellen ist, auf den die Stämme und Abschnitte leicht zu heben sind. Um beide Enden aufliegen lassen zu können, sind zwei Wagen nötig; bei Anwendung eines einzigen wird das Stammende geschleift. Zu erwähnen ist auch der neuestens empfohlene v. M i l l e r sche B a u m s c h l e p p e r, der in leichter und schwerer Ausführung gebaut wird. (Vgl. A. F.- u. J.-Z. 1910, S. 310).

1) Der sächsische Numerierschlägel etc. von Bernhardt, Z. f. F. u. J. 1874, S. 71. Würdigung verschiedener Numeriermethoden von H e ß. — A. F.- u. J.-Z. 1873, S. 142.

was erheblich rascher zu bewirken ist, als die Arbeit mit dem Hammer, und sodann durch Holzhauer oder Forstaufseher nachträglich das Einschlagen der Nummern bewirken zu lassen.

Der Pfitzenmayersche Apparat besteht aus Holzstempeln mit Typen aus Filz, die geschwärzt und mit der Hand aufgedrückt werden. Der Ihrigsche Apparat hat eiserne Stempel, deren vorderes Ende mit je einer Nummer versehen ist und nach erfolgter Schwärzung mittelst eines Hammers in das Holz eingeschlagen wird.

In das Nummernbuch wird nunmehr für jede Nummer der nötige Eintrag über das betreffende Sortiment gemacht. Man hält getrennte Bücher für Stammholz, Stangen und Schichtholz, Reisig und Stöcke.

Beim Stammholz erfolgt die Bestimmung des Festgehalts aus Mittenquerfläche mal Länge (Hubersche Formel) — als Paraboloid. Es wird somit die Länge und Mittenstärke festgestellt und neben der Holzart und nötigenfalls der Sortimentsklasse hinter der betreffenden Nummer angegeben.

Bei den Langnutzhölzern wird von den Holzhauern bei dem Aushalten der einzelnen Stücke die Länge gemessen, hiernach die Mitte örtlich bestimmt und dort die Länge angeschrieben. Die Aufnahme hat dann die Längenmessung zu prüfen und es erfolgt nunmehr die Abnahme des mittleren Durchmessers mit der Kluppe; den Durchmesser läßt man zweckmäßig ebenfalls am Stamm selbst anschreiben.

Zur Feststellung des Raumgehalts der Nadelholzstämme werden in Württemberg seit längerer Zeit sog. Kubierungsgabelmaße aus Eisen oder Aluminium verwendet, die sich sehr bewähren und immer mehr verbreiten. An der Schiene dieser Gabelmaße kann nicht nur der Durchmesser, sondern sofort auch der Raumgehalt für verschiedene Längen abgelesen werden, was die Schlagaufnahme ungemein erleichtert.

Die Vermessung erfolgt bei unregelmäßig gewachsenen Stämmen und deren Teilen wohl auch in mehreren Sektionen, namentlich wenn das betreffende Nutzstück infolge seiner Form zweierlei Qualität hat, z. B. an einem Eichenstamm unten ein glattes Stammstück, nach oben ein ästigerer Gipfelteil sich befindet.

Die Abnahme des Durchmessers geschieht bei unregelmäßiger Form des Mittenquerschnitts übers Kreuz unter Mittelung der Ergebnisse. Auf gut konstruierte, solide Kluppen, die richtiges Maß ergeben, ist streng zu sehen. Fällt die Mitte auf einen Ast oder eine unförmliche Erhöhung, so ist entsprechend am Durchmesser nachzulassen.

Nach der Vereinbarung der deutschen Staatsforstverwaltungen von 1875 ist das Stammholz in der Regel mit Rinde, wenn es aber entrindet wurde, ohne Rinde zu messen. Diese durchaus unzweckmäßige Vorschrift [1]) ist bei den Holzkäufern mit vollem Recht vielfach unbeliebt und daher von vielen Verwaltungen, besonders in Süddeutschland, dahin abgeändert worden, daß das Stammholz grundsätzlich stets ohne Rinde gemessen wird [2]). In diesem Falle wird

1) Auf der 1885er Versammlung deutscher Forstmänner zu Görlitz hat man sich sowohl von holzhändlerischer, als auch von forstlicher Seite für das Nichtmessen der Rinde ausgesprochen.

2) Da bei Feststellung des Materialetats nach vorausgegangener Aufnahme der Holzbestände die Rinde mitgemessen, also der Holzvorrat inklusive Rinde ermittelt ist, so käme es nur darauf an, durch ausgedehnte Untersuchungen die Rindenprozente der verschiedenen Holzgattungen, je nach deren Stärke, festzustellen, um alsdann durch geeigneten Zuschlag zu dem rindenfrei gemessenen Holz die der ursprünglichen Holzaufnahme entsprechende berindete Holzmasse für den Fällungsnachweis zu finden. In Bayern sind dafür bei Eiche 15%, bei den übrigen Laubhölzern und beim Nadelholz hingegen 10% als Zuschlag festgesetzt, in Württemberg für Eiche 20%, für alle übrigen Holzarten (Laubhölzer und Nadelhölzer) 10%. Für Kiefernalthölzer berechnen sich nach Obf. Scheel im Odenwald ebenfalls 15% (A. F.- u. J.-Z. 1901, S. 375).

dann, wo der Stamm nicht entrindet wurde, die Rinde an der Meßstelle entfernt. Jene Vorschrift hat nicht allein den Nachteil der Unsicherheit infolge verschiedener Behandlung der Stammhölzer, je nachdem sie entrindet wurden oder nicht, sondern sie ist insbesondere auch darum zu verwerfen, weil der Käufer doch wohl H o l z und nicht Rinde kaufen will und weil somit infolge der wechselnden Stärke und Borkigkeit der Rinde ein Moment der Unsicherheit in die ganze Messung und Bewertung kommt. Diese Unsicherheit bedingt ein Risiko für den Käufer, das der Verkäufer zu büßen hat; denn um ganz sicher zu gehen, wird der Käufer beim Ansatz seines Gebots einen solch hohen Abzug für die mitgemessene Rinde machen, wie er tatsächlich nicht begründet ist.

Ueber den Verlust an Masse und Wert bei der Aufmessung und dem Verkauf des Fichtenholzes in entrindetem Zustande hat B o r g m a n n interessante Erhebungen gemacht (vergl. Zeitschr. f. F. u. J. 1910, S. 583).

In einzelnen Forsthaushalten, z. B. bei der K. Sächsischen Staatsforstverwaltung, hat man für die Kubierung der Nadelholzblöcke, die in gewissen ortsüblichen, dem Handel entsprechenden festen Längen ausgehalten werden, die Messung des oberen Durchmessers gewählt. wobei die Bestimmung des Festgehalts der Blöcke mit Hilfe von Tabellen erfolgt, die auf Grund von Erfahrungszahlen aufgestellt sind.

Bei Aufnahme der s c h w ä c h e r e n R u n d h o l z s o r t i m e n t e, z. B. Wagnerhölzer, Grubenhölzer, verfährt man wohl auch so, daß nicht für jedes einzelne Stück Länge und Stärke erhoben, sondern eine größere Zahl gleicher Länge zu einer Nummer vereinigt und für dieselben e i n gemeinschaftlicher mittlerer Durchmesser ermittelt wird.

Die S t a n g e n s o r t i m e n t e nimmt man nach dem in 1 Meter über dem Abhieb gemessenen Durchmesser und der mittleren Länge auf. Man vereinigt auch hier unter einer Nummer eine schon örtlich bei der Holzhauerei in passende Haufen zusammengelegte Mehrzahl von Stangen, deren Stückzahl in der Regel durch 10 teilbar ist.

Vielfach sind bestimmte Klassen für gewisse häufig vorkommende Stangensortimente im voraus festgesetzt, z. B. Bohnenstangen, Hopfenstangen I., II. und III. Kl., in welchem Fall nur die Stückzahl in die betreffende Sortimentsspalte einzutragen ist.

Bei jeder Numerierung und Holzaufnahme hat der das Geschäft besorgende Forstbeamte genau zu prüfen, ob die Hölzer nach Vorschrift aufgearbeitet sind. Beim Langnutzholz muß darauf gesehen werden, daß die Aeste glatt von den Stämmen und Stangen abgehauen sind; sollten sich anbrüchige Stellen finden, so ist darüber eine Bemerkung im Nummernbuch zu machen, damit die Preisfestsetzung der geringeren Güte entsprechend bewirkt werde.

Beim S c h i c h t h o l z und R e i s i g wird Güte, Holzart und Sortiment hinter der einzelnen Nummer eingetragen. Beim Schichtholz ist die Richtigkeit der Masse zu prüfen, sowie festzustellen, ob die Stöße gehörig dicht und lückenlos gesetzt sind; alle in dieser Hinsicht zu stellenden Erinnerungen sind den bei der Schlagaufnahme zugezogenen Holzhauern zur sofortigen Erledigung der Anstände mitzuteilen.

Die Schlagaufnahme wird hinsichtlich ihres Ergebnisses mit den Angaben der Holzhauer über das von ihnen Gefertigte verglichen, etwaige Abweichungen werden behoben und die nötige Uebereinstimmung herbeigeführt.

Der Numerierung folgt die Prüfung des Schlags durch einen Vorgesetzten desjenigen Beamten, der die erste Aufnahme besorgt hat, in der Regel durch den Verwaltungsbeamten, insofern die erste Aufnahme dem Schutzpersonal obzuliegen pflegt.

Dieses Geschäft (Holzabnahme, Kontrolle, Abpostung oder Abzählung genannt), das auch wohl für einzelne Schläge dem Inspektionsbeamten übertragen ist, hat den Zweck, festzustellen, ob bei der erstmaligen Aufnahme keine Fehler unterlaufen und ob die bei jener Gelegenheit gerügten Anstände inzwischen beseitigt worden sind. Mit Hilfe des Nummernbuches prüft der kontrollierende Beamte die einzelnen Hiebsergebnisse, indem er Nummer für Nummer die Angabe des Buchs mit dem Befund im Wald vergleicht und sich von der ordnungsmäßigen Beschaffenheit aller Posten überzeugt. Manchen Ortes ist hierbei die Einrichtung getroffen, daß die Rundhölzer an der Stirnseite mit einem besonderen Kontrollehammer angeschlagen werden.

Nach Maßgabe der durch die Schlagaufnahme festgestellten Holzmengen, die von den einzelnen Holzhauerrotten aufbereitet sind, im Zusammenhalt mit den früher vereinbarten Holzhauerlöhnen, kann nun die Aufstellung der Lohnrechnung für die beendete Hauung erfolgen.

§ 23. Verkaufsarten. Die Abgabe der großen Mehrzahl der Hölzer erfolgt heute seitens der Forstwirtschaft im Wege des Verkaufs. (Daneben kommen in beschränktem Umfange vor: Abgabe an Berechtigte und Deckung des eigenen Bedarfs der Verwaltung an Hölzern für den Forstbetrieb selbst, an Besoldungshölzern, für eigene Nebenbetriebe usw.).

Der Erfolg des Verkaufs nun hängt im Rahmen der jeweiligen Marktlage und der Absatzverhältnisse der gegebenen Oertlichkeit wesentlich ab von der Verkaufsart. Zum Verkauf sind verschiedene Wege möglich. Wir können die Verkaufsarten für die Walderzeugnisse scheiden:

I. nach dem Zustande, in dem sich der Verkaufsgegenstand zur Zeit des Verkaufs befindet.
  A. Verkauf vor der Fällung (Verkauf „auf den Stock").
    1. Gesamtverkauf (Verkauf „en bloc"), der Schlag wird im Ganzen verkauft.
    2. Verkauf nach der Maßeinheit (Verkauf „auf Nachmaß"). Verkauft wird pro Festmeter des sich ergebenden Holzanfalls, gegebenenfalls getrennt nach Sortimenten,
      a. mit Gewinnung durch den Käufer;
      b. unter Vorbehalt der Fällung und Aufbereitung durch den Verkäufer auf seine Rechnung.
  B. Verkauf nach der Fällung.
    1. in unaufbereitetem Zustand des Holzes — gewöhnlich in Flächenlosen nach vorausgegangener Fällung durch die Verwaltung.
    2. in aufbereitetem Zustand; nach Aufbereitung des ganzen Schlags durch die Verwaltung.

II. Nach der Art und Weise, wie der Vertragsabschluß zustande kommt.
  A. freihändiger Verkauf (Verkauf „unter der Hand"); der Waldbesitzer geht mit einzelnen Liebhabern einen Kaufvertrag ein.
    1. Taxpreisabgabe, d. h. Verkauf zu einer vorher allgemein festgesetzten Taxe;
    2. Verkauf zu besonders vereinbarten Preisen (Vertragspreise).
  B. Verkauf unter freier Konkurrenz — im Wege des Meistgebots.
    1. Oeffentlich mündliches Verfahren.
      a. Aufstreichsverkauf (auch Versteigerung, Verstrich, Auktion und Lizitation genannt;
      b. Abgebot.
    2. Geheimes schriftliches Verfahren, sog. Submission.

Jedes im Walde angewandte Verkaufsverfahren bildet nun eine Kombination je eines der unter I. und unter II. aufgezählten Verfahren.

In einem früheren Paragraphen ist gezeigt worden, daß der Verkauf des aufbereiteten Holzes die sicherste und zweckmäßigste Methode sei und daß ihr gegenüber der Verkauf des Holzes im Stehen in den meisten Fällen sich weniger empfehle.

Der Verkauf aus freier Hand, einst allgemein im Gebrauch, hatte seine Berechtigung, solange es möglich war, jedem Verbraucher diejenige Menge an Forsterzeugnissen zu überweisen, die er nötig hatte. In waldreichen, aber dünn bevölkerten Gegenden, wo das Angebot an Holz die Nachfrage nach solchem übersteigt, ist dieses Verfahren noch heute vollständig begründet. Mit zunehmender Bevölkerung und gesteigertem Anspruch auf Zuteilung von Hölzern, mit der Ausbildung von Holzhandel und Holzindustrie ist jedoch dieses gewissermaßen patriarchalische System nach und nach in den meisten, mehr entwickelten Gegenden in Wegfall gekommen, da es kaum möglich war, das Ergebnis der Schläge in gerechter Weise unter die einzelnen Empfänger zu verteilen und hierbei die Begünstigung der einen auf Kosten der anderen zu vermeiden. Es ist eine Hauptschattenseite dieses Verfahrens, daß es sich dabei kaum vermeiden läßt, in einer bisweilen unbilligen Weise dem einen Teil der Empfänger Holz in guter Abfuhrgelegenheit zuzuteilen, während ein anderer Teil auf Schläge verwiesen werden muß, die eine beschwerlichere und kostspieligere Beförderung der Forsterzeugnisse veranlassen.

Bestehende Berechtigungen gewisser Personen auf den Bezug von Hölzern nach feststehenden Preisen nötigen heute noch an manchen Orten zur Beibehaltung dieses Verfahrens, das übrigens in der Regel so gehandhabt wird, daß, sofern nicht durch Berechtigung die abzugebende Menge ein für allemal feststeht, die einzelnen Liebhaber an gewissen Terminen Gelegenheit erhalten, ihren Bedarf anzumelden, worauf die Verteilung nach Maßgabe der Anforderungen, gegebenenfalls nach entsprechender Herabsetzung der Bestellungen, erfolgt und jedem Holzempfänger ein Nummernzettel zugestellt wird, auf dem die Holzposten, die er erhalten soll, nach Forstabteilung, Sortiment, Nummer und Preis genau bezeichnet sind. In ähnlicher Weise sind Holzabgaben um gewisse Tax- oder Tarifpreise nicht ausgeschlossen bei Befriedigung des Bedarfs der Forstbeamten, denen man nicht erlauben darf, in den öffentlichen Verkäufen mitzubieten, ebenso in besonderen Notfällen; ferner wird sich öfters empfehlen, den Holzhauern auf solche Weise ihren Bedarf an Brennmaterial aus freier Hand zu gewähren, um ihr Interesse für den Wald zu heben und ihre Anhänglichkeit an denselben zu befördern.

Eine besondere Schwierigkeit bereitet bei dieser Verkaufsart die Festsetzung der Taxen, nach denen der Verkauf bewirkt wird, insbesondere dann, wenn der gesamte Verkauf eines Revieres auf diese Weise erfolgt und infolgedessen keine Anhalte darüber vorhanden sind, wie sich die Preise im öffentlichen Marktverkehr stellen.

In der Tat sind auch diese Holztaxen in denjenigen früheren Perioden, in denen der Verkauf ausschließlich nach ihnen bewirkt wurde, mehr oder weniger willkürlich aufgestellt worden.

Der öffentlich-mündliche Verkauf nach dem Meistgebot bietet dem Waldbesitzer in der Regel die meisten Vorteile; bei diesem Verfahren werden infolge des vorhandenen Wettbewerbs diejenigen Verkaufspreise erzielt, die den einzelnen Verkaufslosen nach Maßgabe der vorhandenen Absatzgelegenheiten entsprechen. Es ist mit diesem Verfahren die größte erreichbare Unparteilichkeit verbunden und der

den Verkauf leitende Beamte keinerlei Vorwürfen ausgesetzt, weil das Verfahren sich vor unbeschränkter Oeffentlichkeit abspielt und jede unzulässige Bevorzugung des einen Käufers vor den andern ausgeschlossen erscheint.

Der Käufer selbst ist vollständig in der Lage, nach der Beschaffenheit der Ware, deren Abfuhrgelegenheit und der auf ihre Verwendungsfähigkeit für ihn als Verbraucher zu nehmenden Rücksicht sein Gebot abgeben zu können.

Wenn nun auch bei genügendem Wettbewerb die Wirkung von Angebot und Nachfrage in Hinsicht auf die Gestaltung des Verkaufsergebnisses beim Aufstreichs-Verkauf am besten zur Geltung gelangt, so sind doch bei demselben gewisse Nachteile für den Waldbesitzer nicht ausgeschlossen, wenn das Angebot die Nachfrage übersteigt. In diesem Falle steht dem Verkäufer häufig eine nur beschränkte Anzahl von Kaufliebhabern gegenüber; es ist daher die Möglichkeit vorhanden, daß dieselben sich verabreden, um durch die Abgabe geringer Gebote und die Vereinbarung, sich gegenseitig nicht hochzutreiben, die Verkaufspreise niedrig zu halten, und nachher die billig erstandenen Hölzer unter sich zu verteilen [1]).

Es tritt dieses Verhältnis insbesondere in waldreichen Gegenden ein, in denen Industrie und Holzabsatz noch nicht recht entwickelt sind oder einzelne übermächtige Firmen den Markt in der Hand haben. Es muß in solchen Fällen dem Waldbesitzer darauf ankommen, den Ringbildungen entgegenzuarbeiten, insbesondere durch Herbeiziehung auswärtiger Liebhaber und geeignete Wahl der Verkaufsart [2]).

Zuvörderst muß darauf gesehen werden, daß die zu verkaufende Ware in einem dem Holzkäufer zusagenden Zustand ausgeboten wird, daß eine richtige Sortimentsbildung stattfindet und daß vor dem Verkauf die Hölzer auf Rechnung der Forstverwaltung an Stellen geschafft worden sind, an denen sie ohne weiteres aufgeladen und von dem Käufer nach dem Ort ihrer Bestimmung gebracht werden können; dann aber wird sich bei ausreichender Bekanntmachung der Verkäufe ein Wettbewerb bald von selbst ergeben. Außerdem empfiehlt es sich im Falle von Verabredungen einer geringeren Anzahl von Käufern sehr oft, ein Verfahren einzuführen, nach dem die Gebote schriftlich bei der Forstverwaltung eingereicht werden, so daß die einzelnen Käufer gar nichts von einander wissen. Hat man alsdann wirklich wertvolle Hölzer zu verkaufen, auf deren Besitz gewisse Verbraucher ernstlich rechnen, so ist bestimmt in Aussicht zu nehmen, daß dieselben in der Befürchtung, es könne ein bisher nicht als Käufer bekannter, vielleicht fremder Mitbewerber auftreten, ein dem Wert des Holzes angemessenes Gebot einreichen.

Dieses Verfahren, Submissionsverfahren genannt, findet neuerdings viele Vertreter, und es ist nicht in Abrede zu stellen, daß es als ein sehr zweckmäßiges Auskunftsmittel angesehen werden darf.

Freilich läßt dasselbe bei minderwertigen Holzsortimenten im Stich, indem nur dann ein Käufer Gebote abgeben wird, wenn ihm wirklich an der Ware etwas gelegen ist.

In solchen Fällen mangelnden Wettbewerbs, insbesondere beim Verkauf minder wertvoller Sortimente, ist nun als eine äußerst zweckmäßige Form des Verkaufs der Freihandverkauf zu vereinbarten Preisen zu bezeichnen.

Es handelt sich hierbei meist um bedeutendere Mengen, und es ist diese Ver-

---

1) Derartige Vereinbarungen dürften, als gegen die guten Sitten verstoßend, nach §§ 134, 138 des Bürgerlichen Gesetzbuches der Nichtigkeit unterliegen und die Beteiligten nicht binden. (Ausgesprochen in einem Erkenntnis vom I. Zivil-Senat des Oberlandesgerichts in Colmar, s. Zeitschr. Aus dem Walde. 1901, Nr. 26.)

2) Verhandlungen des Deutschen Forstvereins auf der XI. Hauptversammlung zu Ulm 1910, Bericht S. 99 ff.

kaufsart besonders am Platze, wenn die Absicht vorliegt, die über den Bedarf der kleinen Abnehmer hinausgehenden Holzmassen an größere Holz verbrauchende Unternehmungen zu verkaufen.

Es wird dieses Verfahren beispielsweise den Vorzug verdienen, wenn größere Brennholzmassen an vereinzelt in einer Gegend bestehende Hüttenwerke oder Fabriken, ebenso wenn Durchforstungshölzer als Grubenholz, als Schleifholz für Holzstoffabriken bei beschränkter Nachfrage verkauft werden sollen, in welchen Fällen der Verbraucher besonderes Gewicht darauf legen wird, die Sicherheit dafür zu haben, daß sein Holzbedarf gedeckt wird.

Entsteht im Laufe der Zeit ein ausgedehnterer Wettbewerb auch für solche minder begehrte Sortimente, so ist es der Vorsicht angemessen, durch Anberaumung von Versteigerungen oder von öffentlichen Submissionen den Mitbewerb auch anderer Liebhaber zu ermöglichen.

Es empfiehlt sich bei solchen Freihandverkäufen öfters der Abschluß schriftlicher Verträge vor dem eigentlichen Holzeinschlag, da auf diese Weise dem Käufer gezeigt wird, daß der Waldbesitzer bei Abgabe ungenügender Gebote nicht in Verlegenheit kommt, weil das Holz noch im Wald steht und bis zur Erlangung eines angemessenen Preises stehen gelassen werden kann.

Eine Abart des öffentlich mündlichen Verfahrens bildet noch das in Frankreich übliche Verfahren des Abgebots (Verkauf au rabais), derart, daß auf Grund vorhergehender Schätzung des Verkaufsloses eine Taxe festgestellt und im Verkaufstermin in sehr erhöhter Summe ausgeboten wird. Während nun der Ausrufer immer weiter abwärts gehende Ausgebote ausruft, muß der Liebhaber den Augenblick benutzen, in dem die Summe niedrig genug erscheint, um dafür das ausgebotene Los gebrauchen zu können. Er ruft dann einfach: „je prends"; nur bei gleichzeitigem Ausruf seitens mehrerer Personen wird das Verkaufslos unter diesen wieder im Aufgebot versteigert.

Dieses Verfahren wird in Frankreich bei dem Blockverkauf ganzer Schläge, deren Aufarbeitung Sache des Käufers ist, in Anwendung gebracht.

Die deutsche Forstverwaltung in Elsaß-Lothringen hat als Regel den Aufstreichsverkauf der auf Rechnung der Forstverwaltung aufzuarbeitenden Schlagergebnisse eingeführt. Das große Publikum soll damit, namentlich was den Verkauf des Brennholzes anlangt, zufrieden sein, weil auf die jetzt eingeführte Art die Möglichkeit besteht, daß der einzelne seinen Bedarf kaufen kann, ohne sich an den Holzhändler wenden zu müssen. Dies war früher infolge des en bloc-Verkaufs allgemein üblich, während jetzt jeder unmittelbar und billiger kauft, da der Gewinn des Holzhändlers hinwegfällt. Für große Nutzholzverkäufe ist jedoch der Verkauf au rabais noch in Anwendung; die Meinungen über seine Zweckmäßigkeit sind geteilt (vergl. „die Forstrente in Elsaß-Lothringen", Straßburg 1886 S. 46). Eine warme Empfehlung desselben für Nutzhölzer unter geeigneten Voraussetzungen gibt Oberforstmeister Ney in Zeitschr. „Aus dem Walde" 1901 Nr. 4 und Forstwiss. Centralbl. 1911 S. 421. Er empfiehlt ihn auch besonders gegen Ringbildung.

§ 24. Bildung von Holztaxen. Bei allen Holzverkäufen ist es für den Waldbesitzer von besonderer Wichtigkeit, gewisse Grundsätze für Festsetzung der Preise, nach denen verkauft werden soll (Holztaxen oder Tarife), aufzustellen. Am schwierigsten ist die zweckmäßige Bildung dieser Taxen in solchen Wirtschaften, in denen der öffentliche Verkauf um das Meistgebot gar nicht stattfindet. Hier ist, wie bereits bei Würdigung dieser Verkaufsmethode im vorigen Abschnitt angegeben wurde, der Willkür und dem persönlichen Gutdünken der Forst-

verwaltungen ein gewisser Spielraum gewährt; am zweckmäßigsten wird man noch derart verfahren, daß man Anhalte aus den Versteigerungsergebnissen solcher Oertlichkeiten zu Hilfe nimmt, in denen der Verkauf ums Meistgebot schon länger besteht, wobei man wegen etwaiger Abgelegenheit der in Frage kommenden Gebiete und der Schwierigkeit der Verbringung des Holzes an solche Verkaufsplätze, in denen sich Marktpreise gebildet haben, angemessene Abzüge, die etwa nach der Höhe der Transportkosten zu bemessen sein würden, macht.

Da wo Verkauf im freien Wettbewerb schon die Regel bildet, sind die Ergebnisse desselben zur Bildung der Taxen zu benutzen. Insofern diese Taxen hauptsächlich als Anhalte für das Angebot der zur Versteigerung zu bringenden Forsterzeugnisse dienen sollen, empfiehlt es sich nicht, sie genau nach dem Durchschnitt der wirklichen Verkaufserlöse festzusetzen, sondern es ist ein gewisser Abzug von dem wirklichen Durchschnittspreis zu machen, damit im Falle eines Rückgangs der Preise die Taxe nicht allzuhoch erscheint und den Käufern stets noch ein gewisser Spielraum zur Steigerung bleibt.

Bei Verkäufen im Wege des Aufgebots wird durch die Wirkung des Wettbewerbs der Käufer ein allenfalls etwas niedriges Angebot in der Regel ohne Nachteil für die Erlöse sein; im Gegenteil kann man behaupten, daß ein mäßiges Angebot die Lust zum Steigern befördert.

Hingegen wird man Verkäufe aus freier Hand zu vereinbarten Preisen nicht nach derjenigen Angebotstaxe bewirken, die durch einen Abzug von den mittleren Aufgebotspreisen erlangt ist, sondern man wird einen der Marktlage entsprechenden Aufschlag zugrunde legen, mittelst dessen der Verkaufspreis mindestens die Höhe der letzten Durchschnittspreise wieder erhält.

Die Taxen für die Sortimente des örtlichen Markts (für Kleinnutzholz, Brennholz, Reisig usw.) werden in der Regel alljährlich für jedes Revier neu aufgestellt. Für die Sortimente des Großhandels dagegen (Stammhölzer, Handelsstangen) empfiehlt es sich, die Taxen für größere Gebiete und für eine Reihe von Jahren festzusetzen. An derselben Taxe wird in der Regel so lange festzuhalten sein, bis dieselbe in ein dauerndes Mißverhältnis zu den tatsächlichen Erlösen tritt. Ein solches längeres Festhalten und eine Gültigkeit der Taxen über größere Landstriche ist für die Handelshölzer darum zweckmäßig, weil die Taxen dadurch zum festen Maßstab werden, und Verkäufer und Käufer einen Ueberblick über die Preisentwicklung während eines längeren Zeitraums gewinnen und ihnen ein Vergleich verschiedener Oertlichkeiten möglich ist.

Die mittleren Verkaufserlöse, die den Taxen zugrunde liegen, ergeben sich aus statistischen Ermittlungen. Für diesen Zweck sind alle in freiem Wettbewerb erzielten Erlöse von Hölzern gleicher Güte und Absatzlage übersichtlich zusammenzustellen und ist aus den Ergebnissen für die einzelnen Sortimente das Mittel zu ziehen.

Eine sichere Erfassung der Werts- und Preisverhältnisse setzt nun aber eine bestimmte Taxklassenbildung voraus und dann weiterhin den Verkauf der Hölzer getrennt nach diesen Klassen.

Was zunächst die letztere Forderung betrifft, so ist es als besonderer Nachteil der Großschlagwirtschaft, besonders von großen Nadelholzschlägen, zu bezeichnen, daß ein klassenweiser Verkauf des Stammholzes, wo dieses nicht angerückt wurde, vielfach als erschwert oder unmöglich bezeichnet wird, da die Hölzer auf den Schlägen durcheinander liegen und mit Vorteil nur zusammen weggeschafft werden können.

Im Hinblick auf Feststellung der Taxen bieten Schichtholz,

Reisig und *Stockholz* der Aufstellung einer nach den früher angegebenen Sorten gegliederten Holzpreisstatistik keine weiteren Schwierigkeiten. Für *Stammhölzer* aller Art müssen dagegen erst *Taxklassen* gebildet werden, und dies kann in verschiedener Weise geschehen, entweder nach dem *Festgehalt der Stämme* oder viel besser nach den deren Gebrauchswert bestimmenden Ausmaßen, dem *Mittendurchmesser* oder der *Länge und dem Durchmesser am dünnen Ende*.

Die Bildung der Taxklassen und deren Abstufungen nach dem Festgehalt der Abschnitte ist in der Preußischen Staatsforstverwaltung üblich. Hier werden bezeichnet als

Hölzer	I.	Kl.	solche	von	über	2	fm pro	Stück
,,	II.	,,	,,	,,	,,	1 ½—2	,, ,,	,,
,,	III.	,,	,,	,,	,,	1—1 ½	,, ,,	,,
,,	IV.	,,	,,	,,	,,	½—1	,, ,,	,,
,,	V.	,,	,,	,,	,,	bis zu ½	,, ,,	,,

Diese Einteilung wird von verschiedenen Seiten für unzweckmäßig erklärt, da die den Gebrauchswert des Nutzholzes bestimmenden Faktoren der Stärke, Länge und Form im Festgehalte keinen sicheren Ausdruck finden. Es ist z. B. hierbei möglich, daß durch Belassung eines Zopfstückes, das nur Brennholzwert hat, die Taxe für die Einheit (fm) eine höhere wird, während in Wirklichkeit der spezifische Wert sich verringert; ebenso können bei Verteilung der Schlaganfälle in die verschiedenen Taxklassen Hölzer von verschiedenem Gebrauchswerte unrichtig in eine Klasse vereinigt und ebenso Hölzer von gleicher Verwendungsfähigkeit unnötigerweise in mehrere Klassen geschieden werden.

Die den Gebrauchswert bestimmenden Ausmaße sind die *Mittenstärke* und für gewisse wichtige Gebrauchszwecke die *Länge und Form der Stämme*. Zweckmäßige Taxklassen haben sich daher nach diesen Ausmaßen abzustufen.

Eine Taxklassenbildung, die dieser Forderung genügt, haben wir schon weiter oben bei Besprechung der Aufbereitung in der sog. *Heilbronner Sortierung* für die *Nadelholz-Langhölzer* kennen gelernt, die insbesondere die Verwendung dieser Hölzer zu Bauholz und Schnittwaren im Auge hat, und bei der somit die Länge und das Maß der Vollholzigkeit, die im sog. Ablaß (Zopfdurchmesser) zum Ausdruck kommt, den Maßstab bilden. Sie gilt in ganz Süddeutschland. Andere Klassenbildungen für Langholz nach ähnlichen Gesichtspunkten finden wir auch noch bei mehreren andern Verwaltungen.

Für *Nadelholzabschnitte* (Sägholz, Klötzer), bei denen der Markt bestimmte Längen vorschreibt (3 m, 4 ½ m usw.), bildet der Mittendurchmesser oder auch der Enddurchmesser den Maßstab für die Taxklassen. Der Gebrauchswert eines Sägeblocks ist nämlich bis zu einem gewissen Grade Funktion seiner Mittenstärke. Mit Zunahme derselben steigt die Verwendungsfähigkeit. Während die schmalen Bretter, die aus schwachen Blöcken geschnitten werden, einen verhältnismäßig niedrigen Verkaufspreis haben, und der Abfall bei geringer Stärke des Holzes prozentisch groß ist, können aus stärkeren Blöcken bei verhältnismäßig geringerem Abfalle wertvollere Bretter usw. geschnitten werden, weshalb ein Ansteigen der Festmeterpreise mit dem Durchmesser wenigstens bis zu einer gewissen Stärke eintritt.

Das Gleiche gilt für sämtliches *Laubstammholz*, bei dem überdies die Länge der Stücke an Bedeutung stark zurücktritt. Hier werden die Taxklassen zweckmäßigerweise *nur nach der Mittenstärke* gebildet; innerhalb der Stärke-

klassen aber, da die innere Güte beim Laubholz besonders große Abweichungen zeigt, noch weiterhin Unterklassen nach der Qualität aufgestellt.

Diesen Weg schlägt die aus dem Baden-reichsländischen Tarif hervorgegangene, süddeutsche Sortierung für Laubstammholz ein, die den Gebrauchswert in bester Weise erfaßt und durch die Art ihrer Abstufung gleichzeitig wertvolle Grundlagen für unsere Erkenntnis über den Gang des Wertszuwachses schafft. Dieselbe bildet folgende Klassen:

I. Klasse:	Stämme von 60 cm und mehr Mittenstärke	a. ausgesucht schöne, glatte fehlerfreie Stücke b. gewöhnliche, nicht mit erheblichen Fehlern behaftete Stücke.
II. Klasse:	Stämme von 50 bis 59 cm Mittenstärke	a. b. wie oben.
III. Klasse:	Stämme von 40 bis 49 cm Mittenstärke	a. b. wie oben.
IV. Klasse:	Stämme von 30 bis 39 cm Mittenstärke	
V. Klasse:	Stämme von 20 bis 29 cm Mittenstärke	
VI. Klasse:	Stämme von weniger als 20 cm Mittenstärke.	

Qualitätsunterklassen werden somit nur für die 3 stärksten Klassen gebildet.

Als erhebliche Fehler im Sinne des Tarifs werden tiefgehende Fauläste, Rot- und Weißfäule, Ringschäle, starker Drehwuchs, Frostrisse und große Abholzigkeit genannt. Mit erheblichen Fehlern behaftetes Holz wird als „Ausschuß" bei der seinem Mittendurchmesser entsprechenden Klasse abgesondert sortiert und veranschlagt.

Uebrigens ist im Hinblick auf die Tarife noch auf eine bemerkenswerte Verschiedenheit zwischen Nadel- und Laubstammholz hinzuweisen. Das Laubstammholz muß, trotz der Taxklassenbildung, immerhin — jedenfalls heute noch — individuell behandelt werden, d. h. der Tarif kann nur einen Preisrahmen geben, innerhalb dessen jeder der betr. Stärkeklasse zufallende Stamm seinen Besonderheiten gemäß für sich eingeschätzt wird, im Gegensatz zum Nadelholz, das in viel höherem Maße generelle Behandlung zuläßt. Es rührt dies daher, daß die Nadelhölzer schon durch den gleichartigen Aufbau ihres Baumkörpers und infolge des Umstands, daß sie zumeist im geschlossenen und gleichwüchsigen Hochwalde erwachsen sind, viel mehr Gleichartigkeit in bezug auf äußere Form und innere Qualität aufweisen, als dies bei den Laubhölzern heute der Fall ist, die wir zumeist aus ehemaligen Blender- und Mittel wäldern ernten und die schon ihrer Wuchsform entsprechend große Verschiedenheiten in bezug auf Form und Qualität der Schäfte zeigen. Sobald die Forstwirtschaft später einmal nur mehr die Erzeugnisse gleichaltriger und wohlgepflegter Hochwaldbestände ernten wird, dürften sich die Verhältnisse denen des Nadelholzes mehr und mehr nähern.

Die Taxen aller Sortimente gelten nur für normale, kaufmannsgute Ware (fehlerfreie oder nur mit geringen, die Verwendbarkeit nicht beeinträchtigenden Fehlern behaftete Stücke). Alles, was erhebliche Fehler aufweist, erhält als „Ausschuß" seinen besonderen Preisanschlag außerhalb der Taxe (s. oben). Vielfach ist die Bezeichnung solcher Objekte durch Kreuze üblich.

Die rationelle Behandlung der Holztaxenbildung ist ein Punkt von großer Wichtigkeit für die geschäftliche Seite der Forstbenutzung und Forstverwaltung. Sie hängt mit einer sorgfältigen Holzpreisstatistik aufs engste zusammen. Nach

unserer Ansicht empfiehlt es sich, am Schlusse eines jeden Wirtschaftsjahres eine statistische Nachweisung der Holzdurchschnittspreise zu beschaffen und daraus die in Hinsicht auf Beibehaltung oder Aenderung der Holztaxen sich ergebenden Schlüsse zu ziehen.

§ 25. Ausführung der Forstproduktenverkäufe[1]. Bei allen Verkäufen von Forstprodukten (Holz, Rinden) ist vom wesentlichsten Einfluß die Verkaufs zeit. Vor allem hat man sich bei Wahl derselben nach der allgemeinen Marktzeit für die einzelnen Walderzeugnisse zu richten. Innerhalb derselben ist es vielfach von Vorteil, so frühzeitig als möglich den Einschlag dem kaufenden Publikum anzubieten. Jeder größere Verbraucher oder Händler wird Gewicht darauf legen, seinen Bedarf frühzeitig zu decken; die Rücksicht auf eine gewisse Sicherheit dieser Befriedigung des Bedarfs wird ihn dazu bestimmen, bei frühzeitig erfolgenden Verkäufen verhältnismäßig höhere Preise zu bewilligen als später.

Von besonderer Wichtigkeit ist dies dann, wenn größere Holzmassen im Stehen ausgeboten und vielleicht vor der Fällung verkauft werden sollen. Die Rücksicht auf einen frühzeitigen Verkauf ist jedoch nicht minder wichtig bei denjenigen Verkäufen, durch welche örtliche Bedürfnisse, insbesondere von Brenn- und Kleinnutzholz befriedigt werden sollen. Auch hier ist Beschleunigung der Verkäufe zweckmäßig, damit der Käufer in bezug auf Abfuhr und weitere Behandlung der Forsterzeugnisse nicht allzusehr beschränkt ist.

Von wesentlichem Einfluß auf die Ergebnisse mancher Verkäufe ist die Größe einerseits der Verkäufe und andererseits der Verkaufslose, d. h. die richtige Bemessung der jeweils in einem Termin auszubietenden Mengen und die Bildung angemessener Verkaufslose, je nach den Anforderungen und besonderen Wünschen der Holzkäufer.

Hat man einen ausgedehnten und völlig genügenden örtlichen Absatz für seine Erzeugnisse, so empfiehlt sich die Abhaltung kleiner Verkäufe und die Bildung kleiner Verkaufslose, sowohl beim Brennholz als auch beim Nutzholz; anders verhält es sich, wenn dieser örtliche Absatz fehlt und wenn es sich darum handelt, auswärtige Verkäufer, vielleicht aus weiterer Ferne herbeizuziehen. Hier müssen große Verkäufe und innerhalb derselben große Verkaufslose gebildet werden, damit der größere Abnehmer, der vielfach behufs Abschluß eines Ankaufes eine weite Reise zu machen hat, es auch der Mühe wert findet, sich am Wettbewerb der Käufer zu beteiligen. Er tut dies nicht gerne, wenn er genötigt ist, seinen Bedarf durch Ankauf einer Menge kleinerer Verkaufslose zu decken, die er öfters nicht einmal in einem einzigen Schlage erwerben kann, wodurch naturgemäß die Aufsicht und der Transport, sowie die weitere Verwendung überhaupt wesentlich erschwert wird. Bei wertvollen, für weitere Ausfuhr in Betracht kommenden Hölzern müßte darauf gesehen werden, daß immer die zu einer vollen Eisenbahnwagenladung nötige Menge in einem Lose ausgeboten wird, weil bei kleineren Posten die Fracht allzusehr verteuert wird.

Zu diesem Zweck wären wertvolle Hölzer (Ahorn, Esche, Elsbeere) nötigenfalls schon aus den Schlägen künftiger Jahre im voraus zu gewinnen, um die erforderliche Menge zu erhalten, wenn solche aus dem laufenden Schlag nicht anfällt.

Unter Umständen empfiehlt es sich mehr, dem örtlichen Bedarf zunächst durch kleinere Verkaufslose Rechnung zu tragen, sodann aber die Befriedigung größerer Käufer durch Darbietung größerer Verkaufsposten ins Auge zu fassen. Man wird

---

1) Vergl. Stephani: Einige Betrachtungen über den Holzverkauf aus dem Walde. Forstw. Zentralbl. 1910, 517—535. — Ringbildung und Holzverwertung in Bayern. Forstw. Zentralbl. 1910, S. 316 ff.

vielleicht für den ersteren Zweck Versteigerungen, für den letzteren Submissionen wählen.

Auch die Zusammenfassung der Holzernte verschiedener Waldbesitzer zum Behuf gemeinsamer Versteigerung ist neuerdings in Anregung gebracht, bezw. angebahnt worden und verdient entschieden alle Beachtung, wenn es sich um den Verkauf von Forstprodukten handelt, die wesentlich für den Großhandel bestimmt sind [1]).

Aus allem bisher Mitgeteilten wird sich ergeben, daß die angemessenste Verkaufsform in der Regel und bei Vorhandensein genügender Nachfrage, insbesondere bei hinlänglichem örtlichem Absatz, die Versteigerung sein wird.

Man hat hierbei darüber gestritten, ob es sich empfiehlt, die Versteigerungen im Freien abzuhalten und dabei jedem Käufer Gelegenheit zu geben, das Holz, auf das er bietet, unmittelbar zu besichtigen. Sicherlich werden auf diese Weise alle etwaigen Beanstandungen abgeschnitten. Allein diese Methode hat doch auch eine Reihe von Uebelständen im Gefolge, namentlich eine erhöhte Unbequemlichkeit für den Verkäufer und für die Käufer, zumal bei Eintritt schlechten Wetters. Bei Versteigerung größerer, im Wald zerstreut stehender Hölzer ist sie geradezu unausführbar, da es unmöglich, oder wenigstens mit unverhältnismäßigem Zeitverlust verbunden ist, die einzelnen Posten mit den Kaufliebhabern durchzugehen.

Wenn man aber auch bei kleineren Verkäufen, namentlich der Brennhölzer, sich von der Methode der Waldversteigerungen nicht trennen zu können glaubt, so ist hier gewiß an vielen Orten noch ein Vorurteil vorhanden. Ist es einmal als fester Grundsatz eingebürgert, daß alle Hölzer im richtigen Maß aufgesetzt, gut sortiert und nach ihrem wirklichen Wert in die Bücher der Forstverwaltung eingetragen werden, ist ferner für gute Wege gesorgt und das Prinzip des Anrückens der Hölzer an die Abfuhrwege allenthalben durchgeführt, so daß in bezug auf die Leichtigkeit oder die Erschwerung der Abfuhr keine wesentlichen Unterschiede Platz greifen, ist ferner dem Käufer Gelegenheit geboten, das zur Versteigerung gelangende Holz vor Beginn derselben örtlich besichtigen zu können, so wird sich dieser bald daran gewöhnen, an Verkäufen teilzunehmen, die nicht im Walde, sondern im Zimmer abgehalten werden und wird bei näherer Bekanntschaft dem letzteren Verfahren den Vorzug geben.

Von Wichtigkeit für den Erfolg der Verkäufe ist neben anderem auch die Wahl eines passenden Versteigerungstages; man sieht hierbei darauf, daß kein Tag gewählt wird, an dem etwa in der Nachbarschaft Markt ist; gewöhnliche Gerichtstage sind auszuschließen, auch wähle man solche Perioden, in denen die Feldarbeiten nicht gerade dringend sind. Verabredungen mit benachbarten Revierverwaltungen behufs Vermeidung etwaigen Zusammentreffens verschiedener Verkäufe auf einen Tag sind geboten.

Alle öffentlichen Verkäufe sind in hinreichend ausführlicher Weise nach Ort und Zeit, sowie unter Angabe der zu verkaufenden Sortimente öffentlich bekannt zu machen, teils durch Anzeigen in gelesenen Blättern, teils durch anderweite ortsübliche Bekanntmachung (Plakate, Ausschellen etc.). Für Forsterzeugnisse, die Gegenstand des Begehrs für den eigentlichen Holzhandel sind, wie z. B. größere Holzmassen, die den Lokalbedarf übersteigen, bei denen es also darauf ankommt, zur Beförderung des Absatzes fremde Holzhändler, bezw. Holzkäufer herbeizuziehen, ist das Aus-

1) S. Vortrag von Wimmenauer in dem Bericht über die XIV. Versammlung deutscher Forstmänner in Görlitz 1885, S. 116.

schreiben in die Holzverkaufszeitungen, deren jetzt in Deutschland eine ganze Anzahl besteht, meist von großem Vorteil [1]).

Von wesentlichem Einfluß auf die Ergebnisse der Verkäufe von Walderzeugnissen sind die Zahlungsbedingungen. In den meisten Staatsverwaltungen bildet die Barzahlung die Regel, in Bayern, sowie manchen kleineren Staaten ist die Kreditbewilligung zulässig.

Das Gewähren einer gewissen Zahlungsfrist erscheint mit Rücksicht auf die dadurch den meisten Käufern bereitete Annehmlichkeit zweckmäßig und dient zur Herbeiziehung größeren Wettbewerbs, folgeweise zur Erhöhung der Preise.

Hierbei muß ein Unterschied zwischen großen und kleinen Verkäufen gemacht werden. Bei geringen Hölzern ist es gewiß nützlich, auf Barzahlung zu sehen, bei größeren nur dann, wenn der Käufer als nicht zahlungsfähig bekannt oder nicht imstande ist, durch Bürgschaft, Hypothek oder Deponierung von Wertpapieren Sicherheit zu bieten.

Letztere Vorsichtsmaßregel, den Kredit nur gegen Gewähr einer gewissen Sicherheit zu erteilen, empfiehlt sich übrigens auch bei größeren Verkäufen ganz allgemein; man wird vielleicht außerdem die Entrichtung einer Anzahlung (z. B. 10 % des Kaufpreises) fordern und sich bis zur geleisteten Zahlung das Eigentumsrecht an dem Verkaufsgegenstand vorbehalten.

Auf diese Weise werden bei dem Borgsystem Verluste vermieden und es kommen die günstigen Seiten dieses Verfahrens zur Geltung.

Will man an der Barzahlung auch bei dem Großhandel streng festhalten, so schafft man leicht ein Monopol für wenige, besonders reichlich mit Betriebsmitteln versehene Käufer, während der kleinere Händler von dem Wettbewerb ausgeschlossen ist.

Von Bedeutung für die Ergebnisse der Verkäufe ist noch die Gewähr einer nicht allzu kurz bemessenen Abfuhrfrist, damit der Käufer nicht gedrängt ist und dadurch Gefahr läuft, ungewöhnlich hohe Fuhrlöhne bezahlen zu müssen, um die vorgeschriebene Abfuhrzeit einhalten zu können.

Auch sollte man die Bearbeitung des Holzes in den Schlägen nicht so allgemein verbieten, wie noch vielfach üblich ist. Bei schwerem Eichenholz erscheint es fast unerläßlich, daß die Stämme behufs Erleichterung des Transportes im Walde zugerichtet werden, insbesondere bei Verwendung zu Eisenbahnschwellen.

Bei jeder Holzversteigerung sind gewisse Formen einzuhalten. Insbesondere werden vor Beginn derselben die Bedingungen bekannt gemacht, unter denen der Verkauf erfolgt. — Man schließt zweckmäßig mit der Zahlung rückständige Käufer aus, bestimmt die Termine für die Abfuhr, gibt die Zahlungsbedingungen bekannt und setzt die Frist fest, bis zu der für das Vorhandensein des Holzes Gewähr geleistet wird.

---

1) Die wesentlichsten dieser Blätter, welche in der Regel nicht bloße Annoncenblätter sind, sondern auch Abhandlungen und Mitteilungen aus dem Bereiche des Holzhandels und der Holzindustrie, bisweilen sogar zum Teil aus dem ganzen Gebiet des Forstwesens bringen, sind folgende:

Handelsblatt für Walderzeugnisse, Red. von E. Laris in Gießen; Allgemeiner Holzverkaufsanzeiger, Red. v. K. Schüßler in Hannover; Allg. Holz- und Forstanzeiger (Holzindustrie-Zeitung) in Leipzig; Forstverkehrsblatt in Berlin; Der Holzhändler (erscheint in Dülmen), Red. v. Oberf. Renne; Zentralblatt für den deutschen Holzhandel in Stuttgart; Zentralblatt für Holzindustrie in Oranienburg; Allg. Anzeiger für den Forstprodukten-Verkehr (erscheint in Augsburg), Red. v. Prof. Dr. Endres in München; „Holzmarkt" in Bunzlau usw.

Auch erscheint ein Holzverkaufsanzeiger in Straßburg, sowie ein solcher für Sachsen in Dresden.

Die Zuziehung eines Kassenbeamten zu den öffentlichen Verkäufen erscheint zweckmäßig, damit die geforderten Barzahlungen oder Anzahlungen alsbald entrichtet, auch die Frage wegen der Zahlungsfähigkeit der Käufer sofort beantwortet werden kann.

Jeder Käufer erhält einen Holzüberweisungs- oder Holzabfuhrschein, d. h. eine Nachweisung über das von ihm erstandene Holz, die dessen Nummer, die Bezeichnung des Forstortes, den Kaufpreis und einen Abdruck der Abfuhrbestimmungen enthält.

Durch die Uebergabe, resp. Annahme dieses Scheines wird der Verkauf abgeschlossen und das Holz steht alsdann auch auf Gefahr des Empfängers im Walde. Höchstens gibt man 24 Stunden Währzeit, innerhalb deren Einwendungen noch erhoben werden können, läßt aber während dieser Frist die Abfuhr noch nicht zu.

Die weiteren Förmlichkeiten der Holzverkäufe sind örtlich sehr verschieden und daher hier nicht weiter zu erörtern. Wesentlich ist in allen Fällen, daß der den Verkauf leitende Beamte sich weniger als solcher fühle, sondern als gewandter Geschäftsmann auftrete, dessen Bestreben es sein muß, dem Käufer hinsichtlich billiger und berechtigter Wünsche entgegenzukommen.

§ 26. Beförderung des Holzabsatzes. Der von Zeit zu Zeit immer wieder beobachtete Niedergang der Holzpreise, der teilweise auf massenhafte Einfuhr fremder Nutzhölzer, bezw. Holzerzeugnisse, z. B. aus Schweden-Norwegen, sowie aus Oesterreich-Ungarn und Rußland, teilweise auf die mehr und mehr sich an Stelle der Holzfeuerung einbürgernde Heizung mit Mineralkohle, sowie die Verwendung des Eisens statt des Holzes für manche Bauzwecke, in den meisten Fällen jedoch auf geminderte Baulust und Darniederliegen mancher Industriezweige in Zeiten allgemeinen wirtschaftlichen Niedergangs zurückzuführen ist, regt zu Maßnahmen an, die eine Besserung der Zustände und eine möglichste Hebung des Absatzes bezwecken. Wenn wir von den im Gebiet der Gesetzgebung und Verwaltung liegenden Maßnahmen (z. B. Holzzölle, Eisenbahntarifgestaltung, Förderung des Transportwesens etc.) absehen und uns darauf beschränken, diejenigen Punkte zu erörtern, die in den eigentlichen Kreis der Forstverwaltung fallen, so finden wir in erster Linie die Notwendigkeit, durch zweckmäßige Wegeanlagen und sonstige Transportmittel die Abfuhr zu erleichtern. Insbesondere tritt mehr und mehr die Notwendigkeit heran, durch Ausrücken der Hölzer an größere Lagerplätze und gutes Sortieren derselben je nach ihrer Gebrauchsfähigkeit dem Abnehmer den Holzbezug zu erleichtern, derart, daß derselbe eine gute Uebersicht über das, was zu verkaufen ist, gewinnt und ferner die erkauften Hölzer ohne nochmaliges Umladen direkt dem Orte ihrer Bestimmung zuführen kann.

In den großen zusammenhängenden Forsten der Ebene und des Flachhügellandes sind ohne Zweifel die Waldeisenbahnen, diese wichtige Errungenschaft der Neuzeit, berufen, hinsichtlich der Annäherung der Holzkäufer an die Forstverwaltungen eine bedeutende Rolle zu spielen, da durch ihre Benützung jenen Grundsätzen des Verkaufs an größeren Lagerplätzen am leichtesten Rechnung getragen werden kann. Immerhin ist die Anlage von solchen nicht allgemein zweckmäßig, sondern namentlich an das Vorhandensein großer Ueberschüsse von Handelshölzern über den örtlichen Bedarf hinaus, sowie an den Absatz nach einer bestimmten Richtung hin, am besten mit Anschluß an große Holzablagen, Eisenbahnstationen oder Wasserstraßen, geknüpft.

Beim Sortieren der Hölzer und dem Ausbieten derselben zum Verkauf ist den vernünftigen und billigen Wünschen des Holzhandels möglichst entgegenzukommen;

der Forstwirt muß sich mehr und mehr befleißigen, die technischen Anforderungen, die an Hölzer der verschiedensten Gattungen gemacht werden, und die Verwendungen, denen dieselben dienen sollen, kennen zu lernen; er muß sich genaue Warenkunde aneignen; schon dadurch wird er viele Wünsche seiner Abnehmer, mit denen er infolge seiner Bestrebungen in einen regeren Verkehr tritt, in Erfahrung bringen.

Die Holztaxen sind beweglich zu halten und der jeweiligen Marktlage tunlichst anzupassen; sie müssen auf Grund genauer Holzpreis-Statistik aufgestellt werden, so daß keinerlei Willkür und kein einseitiges Bestreben, die Holzpreise unnatürlich in die Höhe zu schrauben, dabei im Spiele ist.

Bei Vermessung der Rundhölzer walte strenge Unparteilichkeit und Gerechtigkeit ob; niemals verfahre man hierbei zu knapp, weder in Hinsicht auf Längen- noch auf Stärkenbestimmung; geringe Qualitäten bezeichne man als solche besonders und suche sie nicht als gut zu verwerten. — Beim Schichtholz gebe man richtiges Maß und sehe auf gutes dichtes Legen, passe sich auch etwaigen besonderen, z. B. auf Herstellung ungewöhnlicher Längen gerichteten Wünschen der Käufer an.

Die Verkaufsart sei nicht einseitig gewählt, sondern werde je nach den herrschenden Umständen bestimmt, entweder als Versteigerung, oder Submission, oder Freihandverkauf. Den Verwaltungsorganen sind hinlänglich weitgehende Befugnisse einzuräumen, damit der schleppende Instanzenweg möglichst abgekürzt wird; in der Krediterteilung und Feststellung der Zahlungsbedingungen, sowie in der Bestimmung der Abfuhrfristen komme man den Käufern möglichst entgegen.

Auf diese Weise wird sich ein auf Vertrauen beruhendes Verhältnis zwischen den Forstverwaltungen und den Abnehmern bald herausstellen, welches beiden Teilen zur Zufriedenheit gereichen wird [1]).

Es ist den Forstverwaltungen manchen Ortes noch die Aufgabe zugewiesen, technische Nebengewerbe zu betreiben, die eine Verarbeitung oder Verfeinerung des Holzes zum Zweck haben.

In der Regel erfordert die Leitung solcher Nebengewerbe, wozu namentlich Sägewerksbetrieb, Schindelfabrikation, Imprägnierung von Hölzern etc. gehört, eine gewisse Summe rein kaufmännischer Fertigkeiten und Kenntnisse, die den mehr bureaukratisch angelegten Forstverwaltungsbehörden namentlich im Staatsbetriebe zumeist abgehen. Auch bedingen solche Nebengeschäfte stets ein gewisses Maß von Spekulation, das sich selten mit der im Beamtentum, insbesondere der Staatsverwaltungen, unumgänglich nötigen Kontrolle befriedigend vereinigen läßt. Auf weiter vorgeschrittenen Stufen des Wirtschaftslebens empfiehlt sich daher derBetrieb technischer Nebengewerbe durch die Forstverwaltung nicht.

Eine Hauptaufgabe derselben ist es hingegen, in den Fällen ungenügenden Absatzes die private Tätigkeit zu wecken. Man kann wohl sagen, daß die letztere in denjenigen Gebieten, in denen überhaupt mit Vorteil Geschäfte zu machen sind, leicht einzubürgern ist.

Verbesserung der Verkehrsmittel, Agitation für Straßen- und Eisenbahnbau in vom Verkehr abgeschlossenen Gegenden sind wesentliche Mittel, um die Tätigkeit von Privatunternehmern zu wecken.

---

1) Vergl. Danckelmann in Z. f. F. u. J. 1885, S. 396 ff. Wünsche des Holzhandels gegenüber der Forstverwaltung.

Bericht über die XIV. Versammlung deutscher Forstmänner in Görlitz, Thema II: „Inwieweit sind die Klagen und Wünsche der Holzhändler bezüglich ungenügender Berücksichtigung ihrer Interessen begründet und in welcher Weise kann berechtigten Einwendungen abgeholfen werden?" Mancherlei beachtenswerte Winke in bezug auf Hebung des Holzabsatzes finden sich auch in der Schrift „Die Forstrente in Elsaß-Lothringen, Rückgang und Mittel zur Hebung derselben". Straßburg 1886.

Die Forstverwaltungen müssen weiter durch Darbietung von Grund und Boden zu angemessenen Preisen, durch Ueberlassung von Wasserkräften, durch Abschluß von Holzlieferungsverträgen auf angemessene Zeiträume dem Privatunternehmer entgegenkommen und ihm den nötigen Mut einflößen, damit er sein Kapital in Unternehmungen steckt, deren Ergebnisse sowohl ihm selbst, als auch der beteiligten Forstverwaltung zugute kommen werden [1]).

IV. Aufbewahrung von Hölzern.

§ 27. Wenn wir auch mehrfach dem Anrücken der Hölzer zur Erleichterung des Verkaufes derselben das Wort geredet haben, so ist doch im allgemeinen unsere Ansicht, daß hierbei eine möglichst zeitige Verwertung derselben in das Auge gefaßt werden muß, damit die Forstverwaltung der Aufsicht und Verantwortlichkeit über die Hölzer bald überhoben ist und dadurch Verluste vermieden werden.

Ausnahmsweise kann jedoch auch die Aufbewahrung von Hölzern auf besonderen Holzlagerplätzen zur besseren Verwertung derselben nötig werden.

Es kann dieser Fall eintreten:

1. wenn ein durch außergewöhnliche Umstände herbeigeführter, den laufenden Verbrauch weit übersteigender Holzanfall vorhanden sein sollte und man die Preise nicht herabsetzen wollte, was namentlich in Jahren ungewöhnlicher Anfälle, z. B. nach Windbruchbeschädigungen, Insektenverheerungen vorkommen kann, sowie

2. wenn zur Versorgung weit vom Wald abgelegener Verbrauchsplätze, z. B. größerer Städte, und hier insbesondere zur Deckung des Bedarfs von Behörden und öffentlichen Anstalten Vorratsplätze unterhalten werden müssen.

Ausnahmsweise mag die Bereithaltung kleinerer Mengen Brennholz für Notfälle (z. B. strenge Winter) in Betracht kommen, auch könnte man vielleicht Niederlagen für kleine Nutz- und Geschirrhölzer schaffen.

Man sollte im allgemeinen die Aufstapelung auf solche Holzarten und Sorten beschränken, die sich gut halten und nicht leicht verstocken. Vor allem sind trockene, luftige, freie Plätze zu wählen, womöglich etwas erhaben und geneigt. Sie sollen der Zu- und Abfuhr jederzeit zugänglich und gegen Entwendung möglichst geschützt, zum mindesten leicht zu beaufsichtigen sein. Sind derartige Aufstapelungsplätze ständig, so nennt man sie, namentlich soweit es sich um Brennhölzer handelt, wohl auch Holzgärten.

Eine Aufbewahrung von Hölzern im Wasser findet auf manchen Sägewerken statt, wo sich dieselbe namentlich für Kiefernhölzer empfiehlt, da diese im Wasser nicht leicht jene blaue Farbe annehmen, die sich bei Aufbewahrung zu Lande leicht einstellt und das Aussehen der zu gewinnenden Schnittware beeinträchtigt. Für alle Hölzer hat die Aufbewahrung unter Wasser den Vorteil, daß dem Schwinden und Aufreißen vorgebeugt wird; am Rhein kommt es vielfach vor, daß ganze Gebunde geflößter Stammhölzer Jahre hindurch ohne jeden Nachteil für ihre spätere Verwendungsfähigkeit im Wasser aufbewahrt werden. Auch im Walde ist mit Erfolg der Versuch gemacht worden, solche Nadelholzstämme, die nicht augenblicklich nach ihrem Anfall verkäuflich waren, im Wasser aufzubewahren [2]).

Bei der Aufbewahrung zu Lande hat man darauf zu sehen, daß Stammhölzer stets auf Unterlagen zu liegen kommen. Man wird zweckmäßig schon mit der Aufstapelung eine gewisse Sortierung der verschiedenen Stärken und Quali-

---

1) Vergl. Weber in F.-Z.-Bl. 1883, S. 1 ff. Ueber die Bedeutung einiger Holz verarbeitenden Industriezweige.

2) Wimmenauer in A. F.- u. J.-Z. 1878, S. 443.

täten verbinden; einzelne besonders wertvolle Stämme legt man für sich, im übrigen bildet man Haufen, wie sie für die Verwertung zweckmäßig erscheinen. Bei Nadelhölzern ist zur Gesunderhaltung sowie zum Schutz gegen Insektenangriffe vorgängige Entrindung zu empfehlen. Kleinere Nutzhölzer bewahrt man am besten in Schuppen auf.

Brennhölzer, die den Hauptgegenstand der Aufbewahrung zu bilden pflegen, gelangen vielfach durch Wassertransport (Trift oder Flößerei) an die Aufbewahrungsorte; hier ist besonders auf die Gewinnung von solchen Lagerplätzen zu sehen, die hinlänglich hoch über dem Spiegel des Hochwassers liegen. Brennhölzer läßt man, sie mögen nun zu Wasser oder zu Lande an die Lagerplätze befördert worden sein, stets so aufschichten, daß die Stöße in langen geraden Fluchten senkrecht zum herrschenden Luftzug stehen, so daß dieser letztere die Zwischenräume durchstreichen kann. Man gibt den Stößen Unterlagen von Holzscheiten, damit das Holz nicht unmittelbar auf dem Boden liegt, läßt zwischen den Reihen immer 1 Meter Zwischenraum und gibt den Stößen eine Höhe von 2—3 Meter, damit die Fläche des Lagerplatzes möglichst ausgenutzt wird.

Prügelhölzer werden, damit sie leicht austrocknen und nicht verstocken, möglichst aufgespalten.

Auf großen Holzlagerplätzen hat man noch besondere Aufstapelungsmethoden, vermittelst deren nicht allein eine besondere, das Austrocknen befördernde Schichtung der unteren Lagen der Scheite durch schräge Anordnung derselben, sondern auch eine Art Bedachung mit schief gelegten Scheiten zur Ableitung des Regenwassers durchgeführt wird. Diese Methoden lassen sich ohne Zeichnung schwer beschreiben [1]).

Besondere Vorsicht ist der Aufbewahrung ungewöhnlich großer Anfälle von Nutz- und Brennhölzern nach vorgekommenen großen Waldschäden, insbesondere Windbrüchen, Insektenverheerungen (Borkenkäfer- oder Raupenfraß) zu widmen, da derartige Hölzer, insbesondere die durch Insektenverheerungen zum Absterben gebrachten, leicht verstocken.

Nutzhölzer sind hier stets sofort zu entrinden, Brennhölzer spaltet man alsbald auf, befreit sie ebenfalls von der Rinde und setzt sie nicht eher in Stöße, als bis sie durch den Einfluß der Luft abgetrocknet sind.

Das minderwertige Reisig bringt bei der Aufbewahrung selten Gewinn; die letztere ist vielmehr meist mit Verlust verbunden, da die Güte des Materials schnell zurückgeht, in der Regel nochmaliges Festbinden der Wellen nötig wird und dadurch besondere Unkosten entstehen.

1) Zu näherer Information vergleiche man: Die Holzbringungsmittel in den Kgl. Bayerischen Salinenwaldungen, herausgegeben vom Kgl. Bayer. Ministerial-Forstbureau 1860, S. 126.

IX.

Die Forstbenutzung.

C. Die Nebennutzungen im Walde.

Von

Viktor Dieterich.

Literatur: bei den einzelnen Abschnitten angegeben. Den ganzen Gegenstand behandeln die Lehrbücher über Forstbenutzung (Gayer-Mayr, 10. Aufl. 1909 bezw. 9. Aufl. 1903, Heß, 2. Aufl. 1901).

Einleitung.

§ 1. Der Begriff „Nebennutzungen" ist mit Bezug auf die neuzeitlichen Verhältnisse in den Kulturländern zu verstehen, wo als Hauptzweck der Forstwirtschaft die Holzzucht und die Holznutzung gilt.

Ueberblicken wir zunächst, um Anhaltspunkte für die Bedeutung der Nebennutzungen zu gewinnen, die forstliche Statistik [1]), so finden wir, daß der Anteil derselben am Geldrohertrag aus Waldungen bei den deutschen Staatsforstverwaltungen zwischen 1,5 und 18,0 % schwankt, bei den größeren nur zwischen 1,5 % (Elsaß-Lothringen) und 5,2 % (Preußen). Aber diese Zahlen bedürfen insofern der Berichtigung, als sie — fälschlicherweise — auch alle die Nutzungen umfassen, welche die einzelnen Forstverwaltungen aus dem ihnen unterstellten nicht forstlichen Grundbesitz (Wiesen, Aecker, teilweise auch Torfriede etc.) beziehen. Andererseits ist zu beachten, daß der Geldwert mancher Nebennutzungen gar nicht oder nicht in seinem vollen Betrag in den Zahlen der Statistik zum Ausdruck kommt; denn einzelne Erzeugnisse finden unmittelbar Verwendung im eigenen Betrieb, bei andern sind die Erlöse nicht durch die Preisgesetze, sondern häufig durch altruistische Motive bestimmt. Der Schwerpunkt mancher Nebennutzungen liegt überhaupt nicht auf privatwirtschaftlichem, sodern auf volkswirtschaftlichem Gebiete. Man möchte übrigens auch geneigt sein, sie gewissermaßen als Dispositionsfonds in der Hand des Waldbesitzers zu bezeichnen, mit deren Flüssigmachung er als guter Geschäftsmann zur geeigneten Zeit nicht kargen darf rücksichtlich der mittelbaren seinem Entgegenkommen entspringenden Vorteile.

1) Vergl. Endres, Forstpolitik S. 123 f. ferner Mitt. d. D. F.-V. 1911 Nr. 3.

Es fehlt noch an einer einheitlichen Systematik der Nebennutzungen; so wird z. B. die Rindennutzung von manchen unter den Nebenprodukten aufgeführt, ebenso das Besenreisig, die Christbäume usf. Richtiger dürfte es wohl sein, unter die Hauptnutzung alle diejenigen Walderzeugnisse einzugliedern, welche bei der Abtrennung der einzelnen Holzpflanzen vom Waldboden anfallen, soweit sie nicht — wirtschaftliche Ausbeute vorausgesetzt — auch auf andere Weise gewonnen werden können. Die Rindennutzung usf. würde darnach zur Hauptnutzung, dagegen z. B. die Gewinnung der Holzsämereien und des Futterlaubs zu den Nebennutzungen zu rechnen sein.

Dabei empfiehlt sich folgende Einteilung:

I. Die Nutzung der Nebenerzeugnisse vom stehenden Holz, seiner Früchte und dergl. sowie seiner Abfälle.

II. Die Nutzung der Nebenerzeugnisse des Waldbodens
  a) pflanzliche Nebenerzeugnisse.
  b) Mineralien usf.

III. Die Jagd- und Fischereinutzung.

Auf die letztgenannten Nebennutzungen ist hier nicht weiter einzugehen, da sie Gegenstand besonderer Abhandlungen in diesem Handbuch sind.

Bei allen Nebennutzungen ist der Gesamterfolg der Waldwirtschaft und der Grundsatz der Nachhaltigkeit im Auge zu behalten. Deshalb ist jeweils die Rückwirkung der einzelnen Nebennutzungen auf den Hauptzweck der Waldwirtschaft zu prüfen. Das strengste Kriterium, das man in dieser Hinsicht anwenden kann, ist der von Mayr[1]) aufgestellte Grundsatz, daß „jede Nutzung im Walde zugleich einen waldbaulichen Zweck" verfolgen müsse.

I. Die Nutzung der Nebenerzeugnisse vom stehenden Holz.

1. Die Baumfrüchte (Holzsämereien).

Literatur: Nobbe, Handbuch der Samenkunde. Die waldbaulichen Lehrbücher von Jäger (Das Forstkulturwesen 1850). — Burckhardt (Säen und Pflanzen). — Heyer (Waldbau). — Gayer (Waldbau). — Mayr (Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage). — Fürst (Pflanzenzucht im Walde). — Ferner die im einzelnen zitierten Arbeiten.

a) Die ökonomischen Gesichtspunkte.

§ 2. Die Nutzung der Waldbaumfrüchte erfolgt vorwiegend zum Zweck der Gewinnung von Holzsämereien für die künstliche Bestandesverjüngung und für Neuaufforstungen; die Schweinemast hat nur noch ganz untergeordnete, örtliche Bedeutung. Gelegentlich finden einzelne Sämereien Verwendung zur Wildfütterung (Eicheln Bucheln, Roßkastanien, Wildobst u. a.), zur Verarbeitung in der Lebensmittel- und in der chemischen Industrie (Eichelkaffee, Zichorien, Tinten usf.). Die Früchte der Edelkastanie und der Walnuß seien als Genußmittel nur nebenbei erwähnt. Eine gewisse Rolle spielt endlich noch die Verwendung der Bucheckern zur Speise-Oel-Bereitung, besonders geschätzt von der ärmeren Landbevölkerung.

Was nun die Nutzung der zur Waldzucht erforderlichen Sämereien anbelangt, so bildet sie eine beachtenswerte Geldeinnahmequelle mehr nur beim Klein-Waldbesitz: ländliche Privatwaldbesitzer, auch Gemeinden, verpachten das Samenerträgnis teils direkt an Samenhändler und Klenganstalten, teils an die mit

1) Vorwort zur 10. Aufl. der Forstbenutzung 1909.

Sammeln beschäftigten Personen. Der Waldbevölkerung bringt diese Nebennutzung [1]) Arbeitsgelegenheit und Verdienst in den Jahren reicher Samenernte, namentlich wenn bei anderwärts geringen Ergebnissen nur einzelne Gebiete ein gutes Jahr zu verzeichnen haben; die Agenten der Händler kommen dann von weither gereist und suchen durch lebhafte Steigerung den Bedarf ihrer Auftraggeber zu decken. Bei den größeren Forstverwaltungen hat die Nutzung der Waldsamen im Lauf der Zeit verschiedene Wandlungen durchgemacht. Früher stand das Einsammeln für den eigenen Bedarf allgemein in Uebung; daneben hat allerdings der Samenaustausch und der Bezug von Händlern, besonders in Süddeutschland, schon früh Eingang gefunden [2]). Mit dem Ueberhandnehmen der künstlichen Verjüngungsformen sind die Holzsämereien, vor allem die Nadelholzsamen, mehr und mehr Handelsartikel geworden; mit ihrer Gewinnung und Verwertung befaßt sich ein besonderer Industrie-Zweig, neben vielen kleinen Betrieben eine Reihe ansehnlicher Klenganstalten. Viele Waldbesitzer haben infolgedessen das Einsammeln und zumal das Ausklengen der Samen aufgegeben oder sich damit begnügt, teils gegen mäßige Geldentschädigung teils gegen Ablieferung bestimmter Mengen Erlaubnisscheine zum Sammeln auszustellen; diese Benutzungsart ist besonders für Laubholz- (vor allem Eicheln und Bucheln) und für Weißtannensamen eingeführt, in geringerem Umfang für die andern Nadelhölzer; denn die Zapfenbrecher galten vielfach als unwillkommene Kunden, die man sich aus Furcht vor Waldbeschädigung und vor Unfallhaftung lieber vom Halse hält.

In der preußischen Staatsforstverwaltung [3]) ist an dem Grundsatz der Selbstgewinnung von Kiefern- und Fichtensamen festgehalten worden; nach den neuesten bezüglichen Vorschriften [4]) soll die ausschließliche Beschaffung des für Staatswaldungen erforderlichen Saatguts durch die staatlichen Darren mit allen Mitteln angestrebt werden. Aber auch in weiteren forstlichen Kreisen hat sich neuerdings ein Umschwung zugunsten der Selbstbeschaffung des Samens und im Sinn tunlichster Ausnutzung der Samenernten geltend gemacht. Veranlassung hiezu gaben die üblen Erfahrungen, die man mit unreellen Samenlieferungen (Beimischung nicht gewünschter Arten, z. B. Stiel- und Zerr- statt Traubeneicheln, Bergkiefer zur gewöhnlichen Kiefer u. a.) mit unsachgemäß behandelten und darum gering keimfähigen Sämereien und nicht zuletzt mit Saatgut ungeeigneter Herkunft [5]) vielfach

1) Zu vergl. die Schilderungen Schotts im F. Zentralbl. 1904 ff. über das Sammeln der Kiefernzapfen in Belgien, Frankreich, Ungarn und Rußland.

2) Vergl. hierüber die forstgeschichtlichen Werke von Bernhardt und Schwappach, ferner die diesbezüglichen Mitteilungen von Dr. Schott a. a. O., Fenner (Z. f. F.- u. J.-W. 1904, S. 39), Haack (M. d. D. F.-V. 1909, Nr. 6, S. 138 f.).

3) Vergl. Hagen-Donner, Die forstlichen Verhältnisse Preußens, 3. Aufl. 1894, 1. Bd., S. 183 ff., ferner Schlieckmann, Handbuch der Staatsforstverw. in Preußen, 1900, S. 628 ff.

4) Vergl. Aufsatz von Möller, Z. f. F.- u. J.-W. 1910, S. 694 ff., wo die betr. Verfügungen angegeben sind.

5) Es würde zu weit führen, die ganze umfangreiche Literatur hier anzugeben, die in den letzten Jahren sich über diese Frage verbreitet hat; es dürfte vielmehr genügen, die Namen einiger um die Sache besonders verdienter Forscher zu nennen, wie Cieslar, Kienitz, Mayr, Engler, v. Sivers, Schott, Schotte, und einige Arbeiten anzuführen, welche ihrerseits eingehende Literaturnachweise enthalten, so Haack a. a. O., Kienitz, „Formen und Abarten der gemeinen Kiefer“ in Z. f. F.- u. J. 1911, S. 4 ff., Dr. Schott a. a. O., Sammelreferat von Fabricius in Nat. Z. f. L.-W. u. F.-W. 1908, S. 416 ff., endlich Wagner in „Die Grundlagen der raumlichen Ordnung im Wald“, 2. Aufl., S. 21 ff. Die Provenienzfrage war auch Beratungsgegenstand bei einer Reihe von wissenschaftlichen Tagungen, so im Internationalen Verband forstlicher Versuchsanstalten 1901, 1906 und 1910, beim Internationalen landwirtsch. Kongreß zu Wien 1907; der deutsche Forstverein hat sich 1906, der Forstwirtschaftsrat 1910 mit diesem Gegenstand befaßt. Besonders aktuell ist die Frage bezüglich Deutschlands Hauptholzart, der Kiefer, geworden, deren Samen ohnehin schon lange die wichtigste Rolle im Klengbetrieb und Samenhandel spielt.

gemacht hatte. Gerade dem letzteren Gesichtspunkt mißt man ein gut Teil der Schuld an den vielen Kulturmißerfolgen bei, an dem langsamen Wachstum, dem Vorherrschen schlechter Wuchsformen und der hochgradigen Empfindlichkeit vieler Jungwüchse gegenüber den Jugendgefahren und Kinderkrankheiten, denen die Saaten von Anfang besonders stark ausgesetzt sind, wenn das Saatgut unter fremde Klima- und Standortsverhältnisse verbracht worden ist. Zur Erklärung dieser Beziehungen hat die Forstwissenschaft die Theorien der Erblichkeits- und Züchtungslehren [1]) beigezogen; durch eingehende Provenienzuntersuchungen [2]), die ihrerseits wieder befruchtend auf jenes Gebiet der naturwissenschaftlichen Forschung eingewirkt haben, ist die Verdächtigkeit fremden Saatguts gerechtfertigt worden. Hieraus ergibt sich als Forderung für die Praxis — abgesehen von der natürlichen Verjüngung — sorgfältige Auslese des Kultursamens und Gewährleistung für geeignete Herkunft, was am sichersten bei Selbstgewinnung in den einzelnen Revieren oder wenigstens innerhalb der klimatisch abgegrenzten Waldgebiete sich ermöglichen läßt; als andere Benutzungsart ist allenfalls noch die Oeffnung geeigneter Bestände zum Sammeln durch Dritte zu empfehlen unter zuverlässiger Garantie für spätere Lieferung des hieraus gewonnenen Saatguts. Von verschiedenen Forstverwaltungen ist diesen Forderungen praktische Folge [3]) gegeben worden. Mit Recht wird der Nutzbarmachung aller Waldbaumfrüchte im Interesse der Waldkultur wieder mehr Gewicht beigelegt, auch wenn in den Hauptbüchern kein nennenswerter Geldertrag aus diesem Nebennutzungsgegenstand erscheint.

b) Die Technik der Samen-Ernte, -Gewinnung und -Aufbewahrung.

§ 3. Die Ernte der Baumfrüchte. Nicht jedes Jahr bringt ergiebige Ernten; Vollmasten kehren — je nach Holzart — mit größeren oder kleineren Unterbrechungen wieder. Im allgemeinen nimmt man an [4]), daß die schwerfrüchtigen Holzarten seltener als die leichtfrüchtigen fruktifizieren, ferner daß wärmeres Klima der Fruchtbildung günstiger sei; besonders warme Sommer bringen häufig reichliche Eichelmast [5]); dagegen scheinen trockene Sommer auf den Samenertrag der Fichte

---

[1]) Vergl. Wagner (a. a. O.); Oppermann (Vraenge Boege, C. f. d. g. F. 1909, S. 108); Hauch, Erblichkeit bei Buche und Eiche, C. f. d. g. F. 1909, S. 333; Hesselmann (Rassen schwed. Waldbäume, in den Mtt. a. d. Versuchsanstalt Schwedens, 3. Heft 1907; Zederbauer (Variationsrichtungen der Nadelhölzer — Sitz.-Ber. d. K. Ak. f. Wiss. in Wien, Dez. 1907).

[2]) Die meisten Versuchsanstalten haben solche in Angriff genommen und z. T. auch schon einige Ergebnisse bekannt gegeben. Vergl. die Berichte über den VI. Kongreß des Internat. Verbands forstl. Versuchsanstalten in Brüssel 1910. (C. f. d. g. F. 1910, S. 506 ff.)

[3]) Vergl. Möller (a. a. O.) betr. Preußen. Die bayrische Staatsforstverwaltung hat probeweise vor einigen Jahren der Schottschen Klenganstalt ein Kieferngebiet in der Pfalz zur Zapfenernte geöffnet unter der Bedingung der Lieferung des von dort stammenden Samens für den Bedarf der Staatsforste. (Bericht über die VII. Haupt-Vers. d. D. F.-V. 1906, S. 121 ff.; Fürst, Pflanzenzucht im Walde, S. 91.) Die Württ. Staatsforstverwaltung läßt Kiefernzapfen in ihren Forstbezirken sammeln und durch eine Privatanstalt ausklengen. Die Hessische Staatsforstverwaltung hat i. J. 1904, um einheimischen Samen für die Domanial und Kommunalwaldungen gewinnen zu können, eine im Odenwald gelegene Klenganstalt angekauft. (A. F. u. J.-Z. 1905, S. 318.) Endlich ist auf die vom Deutschen Forstwirtschaftsrat ins Leben gerufene Organisation des Samen- und Pflanzenhandels hinzuweisen, welche Garantie für Lieferung bezw. Verwendung nur deutschen Kiefernsamens bietet.

[4]) Arbeiten über den Samenertrag der Waldbäume sind ziemlich spärlich; am eingehendsten behandelt Mayr die bezüglichen biologischen Verhältnisse im „Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage“ und in der 10. Aufl. der Forstbenutzung von Gayer-Mayr. Speziell für Fichten liegen Arbeiten vor von Ogiewski (C. f. d. g. F. 1909, S. 137). Wertvolles statistisches Material bietet die Arbeit von Schwappach über die Samenproduktion usf. (Z. f. F. u. J. 1895).

[5]) Vergl. auch Gwinner, M. f. d. W. F. W. 1855, S. 309 (eine Parallele mit den Weinjahren ist hiernach nicht nachweisbar).

nachteilig zu wirken; höhere Sommertemperatur wirkt also bald vorteilhaft, bald nachteilig auf die Entwicklung der Blüten zur Frucht, begünstigt aber jedenfalls die Bildung von Samenknospen, somit die nächstjährige Ernte, was besonders deutlich bei der Buche in die Erscheinung tritt. Die Hoffnung auf ein kommendes Samenjahr, die das Auftreten zahlreicher Blütenknospen erweckt, wird leider häufig zerstört, indem ungünstige Witterung während des Frühjahrs die Blütenentfaltung, oder ebensolche im Sommer das Austragen der angesetzten Blüten vereitelt. Da Wärme und Lichtgenuß das Samenerträgnis erhöht, kann auch durch Maßnahmen der Bestandeserziehung (Kronenfreihieb) auf die Häufigkeit und Reichlichkeit der Fruchtbildung eingewirkt werden [1]).

Wenn nun freilich ein regelrechter Erntebetrieb nicht jedes Jahr eingeleitet werden kann, so finden sich doch fast immer Früchte an Randbäumen; deren Nutzung erscheint in Fehljahren besonders dringend. In den Samenjahren kann mehr Auswahl getroffen werden; im allgemeinen soll man von mittelalten Beständen, von normal und kräftig erwachsenen gesunden Bäumen mit gut ausgebildeter Krone sammeln lassen; dies empfiehlt sich vor allem wegen der Ergiebigkeit der Arbeit, dürfte aber auch am ehesten Gewähr für wuchskräftige Pflanzen [2]) liefern. Was ferner die Erntezeit betrifft, so sind hiefür die natürlichen Vorgänge der Reife einerseits und des Abfallens der Früchte bezw. Sämereien andererseits maßgebend. Die Regel ist, daß nur reife Früchte geerntet werden; denn die weitere Behandlung und die Aufbewahrung nicht ausgereifter Früchte bietet Schwierigkeiten und wenig Gewähr für befriedigende Saaterfolge. Im Mai/Juni beginnen Ulme und Pappel zu reifen, im Juli die Weiden, Juli/August die Birken; Spitzahorn, Eiche und Tanne Ende September, während für die übrigen Waldbäume der Oktober als Reifezeit gelten kann. Der Zeitpunkt des Samenabfalls ist insofern entscheidend, als die schweren und größeren Früchte meist nachher, die leichten und zumal die kleinen vorher eingesammelt werden müssen. Die frühreifen Früchte beginnen schon wenige Tage nach der Reife abzufliegen, die der Ulme von Ende Mai an, Pappel, Weide im Juni und Juli, Birke Ende Juli; die Eiche und Buche lassen ihre Früchte schon im Oktober, bald nach der Reife, abfallen, die Weymouthskiefer öffnet ihre Zapfen Anfang Oktober und die Tannenzapfen beginnen häufig schon Ende September abzublättern, wobei die Samen mit den Schuppen zu Boden fliegen. Etwas länger (November bis Anfang Dezember) bleiben am Baume die Früchte des Ahorn, der Linde und Hainbuche; Eschen- und Erlensamen fallen den Winter durch ab und überwintern zum Teil am Baume. Die spätesten sind Fichte, Kiefer und Lärche; Fichte und Kiefer lassen von Anfang März ab (teilweise und je nach Witterung auch schon früher) die Zapfenschuppen sich öffnen und den Samen entfliegen, die Lärchenzapfen werden erst von der vollen Frühjahrswärme im April und Mai ausgeklengt.

Hienach richtet sich die Art des Einsammelns. Nur bei den größeren ungeflügelten Früchten (der Eiche, Buche, Kastanien, Nußbäume u. a.) lohnt sich das Auflesen am Boden. Die meisten Früchte müssen am stehenden Holz eingeerntet werden, soweit man sie nicht von gefällten Stämmen abnehmen kann. Nach Besteigen

---

1) Besonders interessant sind die Forschungsergebnisse von A. Soboleff (Petersburg) über die Verteilung des Samenertrags bei der Fichte nach den Bäumen der Kraft schen Stammklassen. (Die Bäume der ersten drei Klassen liefern beinahe die ganze Samenernte; der Samenertrag hängt sonach in erster Linie von der Höhe des Baums und der Ausbildung der Krone ab.) Vergl. C. f. d. g. F. 1909, S. 137.

2) Vergl. die Untersuchungen G. Schotte's in Stockholm (jüngere und mittelalte Pflanzen ergeben die kräftigsten Pflanzen. N. Z. f. F. u. L. 1906, S. 22 f.).

der Bäume mittelst Leitern, Steigeisen oder Steigrahmen [1]) werden die Früchte abgebrochen, abgestreift oder auch durch Schlagen auf die Aeste (mit Aexten u. a.) zum Abfallen gebracht, um dann auf untergelegten Tüchern aufgefangen zu werden. Die leichten Früchte, wie von Erle, Esche, Hainbuche, Birke und Ulme, die beim Abstreifen ziemlich weit abfliegen könnten, werden am besten mitsamt den Zweigchen abgebrochen; der Sammler muß dann mit einem umgehängten Sack versehen sein, um die Samen alsbald unterbringen zu können. Die Zapfen der Nadelhölzer werden meist mit Haken abgestoßen und unter den Bäumen aufgelesen oder an den mittelst Haken herabgebogenen Zweigen abgestreift.

Mit dem Einsammeln der Früchte ist die Gewinnung der meisten Laubholzsämereien in der Hauptsache erledigt; es sind nur noch die Beimengungen, je nach Umständen mehr oder weniger sorgfältig, zu entfernen, Sproßteile und sonstige Anhängsel loszutrennen, namentlich wenn es sich darum handelt, die Samen zu versenden oder in den Handel zu bringen; bei Gewinnung für den Eigenbedarf ist die Reinheit des Saatguts weniger von Bedeutung. Durch Dreschen, Sieben und Wurfen werden gröbere und feinere Verunreinigungen abgesondert, durch Aufhängen, Trocknen event. auch Klopfen die in Fruchtständen zusammengeschlossenen Samen (Birke, Erle, Pappeln) befreit; vor allem aber ist für oberflächliches Abtrocknen Sorge zu tragen. Wesentlich mehr Arbeit erfordert die Gewinnung des Samens der meisten Nadelhölzer aus den eingesammelten Zapfen. Die besonderen hiefür zu treffenden Anstalten werden eingehender im nächsten § besprochen werden.

Es sind hier nur noch einige Regeln für die Gewinnung der wichtigsten Laubholzsamen im einzelnen anzugeben:

Die Eicheln läßt man nach deren Abfall im Oktober auflesen; da die schadhaften und wurmstichigen Samen zuerst abzufallen pflegen, so wartet man mit dem Sammeln, bis das Abfallen schon etwas allgemeiner ist, um die besten, d. h. schönsten und vollkommensten Früchte auswählen zu können. Man läßt, damit sich dieselben nicht erhitzen und zu keimen beginnen, nur an trockenen Tagen sammeln, wartet auch des Morgens, bis der Tau abgetrocknet ist.

Die Bucheln kann man in ähnlicher Weise auflesen lassen, was allerdings langsam vonstatten geht, deshalb läßt man wohl auch die Bäume besteigen und durch Anklopfen der Aeste die Bucheln zum Abfallen bringen. Endlich kennt man bei dieser Holzart noch die Methode des Kehrens nach erfolgtem Abfall, wobei jedoch das Laub mitgekehrt wird, weshalb diese Ernteweise weniger zu empfehlen ist. Durch Wurfen wie beim Getreide werden die Bucheln vor der Aufbewahrung, bezw. Aussaat von dem Laub, sowie den tauben Körnern gesondert.

Den Hainbuchensamen sammelt man entweder durch Abpflücken der Samenbüschel oder durch Abklopfen des Samens bei windstillem Wetter, am besten nach dem ersten Reif. Von den Flügeln wird er durch Dreschen und Sieben oder Wurfen befreit.

Den Birkensamen gewinnt man, wenn er bräunlich geworden ist, am besten durch Abschneiden der Zweige, welche man alsdann in Büscheln aufhängt und trocknet, worauf die Samen aus den Zäpfchen durch Abklopfen der Büschel gewonnen werden.

Ahorn- und Eschensamen, welcher im Oktober und November abfliegt, wird entweder durch Abbrechen von Zweigen, Abschneiden der Samenbüschel mit der Schere, oder Abstreifen des Samens von den Aesten nach Besteigung der Bäume gesammelt; auch kann man ihn klopfen und auf Tüchern auffallen lassen.

Der Ulmensamen soll bald nach der Reife (also etwa Anfang Juni) durch Abstreifen von den Zweigen gesammelt werden; bei windstillem Wetter ist auch Abklopfen ratsam.

Die Erlenzäpfchen gewinnt man durch Abpflücken im Spätherbst, am besten nach den ersten Frösten oder durch Abklopfen auf Tücher; in mäßiger Stubenwärme fallen die Samen bald aus; auch das Auffischen des Samens im Frühjahr wird für am Wasser stehende Erlen empfohlen; doch ist zu beachten, daß die Keimfähigkeit des so gewonnenen Samens bald verloren geht.

Das Einsammeln der Aspenkätzchen [2]) geschieht unmittelbar nach der Reife (Ende Mai, Anfang Juni) bei trübem Wetter oder morgens, weil sich die Samenkapseln unter dem

---

1) Friedrich hat den von ihm konstruierten Steigapparat auch für diesen Zweck empfohlen. C. f. d. g. F. 1906, S. 449.

2) Nach den Versuchen und Ausführungen von K. bayr. Forstrat Hofmann-Rosenheim. F. Centr.-Bl. 1902, S. 360.

Einfluß der Sonnenwärme öffnen; in geschlossenen, gegen Luftzug gesicherten Räumen werden die gesammelten Kätzchen dann durch die Luftwärme zum Oeffnen gebracht.

§ 4. Die Gewinnung der Nadelholzsamen (Darr- oder Klengbetrieb). Am einfachsten ist das Ausklengen des Samens der Weißtannen, deren Zapfen Anfang Oktober oder schon Ende September (je nach Gegend und Jahrgang) vom stehenden Holz durch Abbrechen oder von eigens gefällten Samenbäumen entnommen werden. Schon bei mäßigen Wärmegraden öffnen sich die Schuppen. Man breitet die Zapfen auf luftigen Böden aus, stößt sie täglich öfters mit Rechen um, sodaß sie zerfallen und Schuppen nebst Samen sich von den Spindeln lösen; soll das Zerfallen beschleunigt werden, so kann man die Zapfen einer mäßigen Erwärmung aussetzen. Durch Sieben trennt man die Samenkörner von den Schuppen, befreit hiernach mittelst Reiben die Körner von den anhaftenden Flügeln und reinigt den Samen durch Wurfen, Wo Tannensamen zum Selbstgebrauch von Forstverwaltungen gewonnen wird, ist das Abflügeln unnötig.

Auch bei Weymouthskiefernzapfen bedarf es keines besonderen künstlichen Klengprozesses, da der Same bald nach der Reife von selbst ausfällt. Die Entleerung der Zapfen wird durch Umstoßen derselben mittelst Rechen befördert.

Höherer Wärmegrade zur Ausklengung bedürfen die von Natur bis ins Frühjahr von den Zapfenschuppen umschlossenen Samenkörner der Fichte, Kiefer und Lärche; es sind deshalb besondere Vorrichtungen nötig, um die Wärme auf dieselben entsprechend einwirken zu lassen.

Ehe auf die Darr- oder Klengverfahren eingegangen wird, muß noch bezüglich des Zeitpunkts der Zapfenernte bemerkt werden, daß insbesondere für die Kiefer frühe Ernten zu widerraten sind. Nicht als ob die Zapfen im Oktober und November etwa weniger keimfähige Körner [1]) enthielten als die am Baum nachgereiften im Januar und später [2]); vielmehr sind die früh geernteten grünen und noch stark wasserhaltigen Zapfen erfahrungsgemäß weniger gut klengbar als die spät gepflückten. „Einmal verlangsamt ihre Verwendung das Darrgeschäft und erhöht die dem Samen in der Darre drohenden Gefahren, sodann sind sie . . . für eine längere Lagerung nicht geeignet“; es treten Schimmelbildungen auf, wenn man Uebervorräte von reichen Erntejahren fürs nächste Jahr überhalten will. Das Pflücken der Zapfen sollte deshalb womöglich nicht vor Dezember beginnen [3]) und bis in den Februar und März hinein fortgesetzt werden; die zuerst gepflückten sind auch zuerst aufzuarbeiten.

Den besten Samen gewinnt man, wenn das Ausklengen, ebenso wie dies in der Natur erfolgt, durch die Sonnenwärme besorgt wird (Sonnendarren). Burckhardt führt in „Säen und Pflanzen“ an, daß man von Sonnensamen kaum ⅔ der gewöhnlichen Einsaat gebrauche. Diese Methode ist uralt und wird schon in Döbels Jägerpraktika beschrieben, wo die Bezeichnung „Buberte“ für Sonnendarre vorkommt.

Neuere Untersuchungen [4]) haben diese Erfahrungen der alten Praktiker vollauf bestätigt. Trotzdem sind die Sonnendarren allmählich fast ganz in Abgang gekommen, weil das Ausklengen etwas langsam vonstatten geht und zu sehr von der Witterung abhängig ist; es dürfte aber zu prüfen sein, ob nicht bei Gewinnung des Revier-

---

1) Vergl. die Untersuchungen von Haack, Z. f. F. u. J. 1905, S. 296 ff.

2) Vergl. Haack, M. d. D. F.-V. 1909, S. 149.

3) Vergl. Möller (a. a. O.); in Preußen sollen später geerntete Zapfen von den Darren höher bezahlt werden; die Pflücker sind hierdurch zu Vornahme der Ernte erst im Januar—März zu veranlassen; ferner Schlieckmann (a. a. O.); als Erkennungsmerkmal gibt Keller-Darmstadt an, der schon länger gepflückte Zapfen trage einen welken, braunen und abgestorbenen Stiel, der frisch gepflückte zeige beim Ritzen frisch-grüne Rinde

4) Haack in Z. f. F. u. J. 1905, S. 296 ff. (in der Sonne gedarrter hatte 99% Keimfähigkeit).

bedarfs da und dort, wo geeignete Vorrichtungen leicht angebracht werden können, auf jenes bewährte Verfahren zurückgegriffen werden soll. Es sei deshalb die Einrichtung einer Sonnendarre kurz beschrieben:

An der Südwand eines Gebäudes errichtet man ein Gerüst mit Wetterdach, unter welchem Horden, mit Zapfen gefüllt, etagenweise und in einem solchen Höhenabstand übereinandergestellt werden, daß die Sonnenstrahlen auch die hintersten Zapfen einer Horde immer noch treffen müssen. Unter die untersten Horden bringt man einen Schubkasten mit Leinwandboden an, damit etwaiges Regenwasser durchdringen und der auf der Leinwand liegende Samen alsbald wieder abtrocknen kann. Auf die Horden schüttet man Zapfen, wendet dieselben bei Sonnenschein öfters um, damit die Samenkörner ausfallen. Dieselben gelangen durch die Gitterböden der Horden von der obersten bis zur untersten hindurch und sammeln sich schließlich in dem unten angebrachten Schubkasten. Sind die Zapfen auf diese Weise so weit als möglich entleert, so werden sie noch in einen hohlen, faßartigen Zylinder, das sog. „Leierfaß“, gebracht und in demselben durch Umdrehen so lange erschüttert, bis der Same durch diese Bewegung vollständig ausgefallen ist.

Statt dieser Horden hat man wohl auch mit Deckeln versehene Kasten, welche schräg gegen die Sonne geneigt aufgestellt werden, in Anwendung gebracht. Diese Deckel, inwendig mit weißer Oelfarbe gestrichen, haben den Zweck, bei Regenwetter die Kasten zu verschließen, hingegen in geöffnetem Zustand bei entsprechend schräger Stellung die Sonnenstrahlen zu reflektieren und auf die Zapfen zu werfen.

Das Oeffnen und Schließen des Deckels wird erleichtert durch eine an demselben angebrachte Schnur, welche über eine hinter dem Kasten an einem Pfosten befindliche Rolle läuft und am herabhängenden Ende mit einem Gewicht beschwert ist, durch dessen Bewegung der Deckel gesenkt oder gehoben werden kann.

Alle andern Klengverfahren bedienen sich künstlicher Wärmequellen. Man unterscheidet zunächst Feuerdarren und Dampfdarren.

Die einfachste Feuerdarre läßt sich in geheizten Räumen dadurch herrichten, daß man Gestelle über und rings um den Ofen anbringt; auf diese werden die Zapfenhorden eingelegt; die Zapfen können auch, in Säcke gefüllt, im Zimmer aufgehängt werden. Solche Stubendarren, wie sie vielfach von Privatwaldbesitzern und Kleinhändlern eingerichtet werden, bestehen schon sehr lange, sind aber wegen Lieferung gering keimfähigen Saatguts (infolge Ueberhitzung) in Mißkredit geraten. Bei Vermeidung dieses Hauptfehlers und bei sonst sachgemäßer Behandlung des Samens unter Leitung und Aufsicht des Forstpersonals wird man aber durch zuverlässige Waldarbeiter oder Angehörige der Forstschutzbeamten die Klengung in dieser einfachen Weise gut vornehmen lassen können, namentlich wenn geeignete, der Forstverwaltung gehörige Räume zur Verfügung stehen und es sich nur um kleinere Quantitäten (für den Eigenbedarf) handelt.

Die Groß-Klengbetriebe lassen die Klengung in besonderen massiven Gebäuden vornehmen, meist unter Anwendung maschineller Vorrichtungen.

Grundsätzlich verschieden ist die Einrichtung der Feuerdarren, je nachdem die Trennung der Samen von den Zapfen im Darrraum selbst während des Darrens oder alsbald nach Oeffnung der Zapfen in besonderen Räumen vorgenommen wird [1]). Auf ersterem System beruht die in den meisten preußischen Klenganstalten bestehende Einrichtung der Eytelweinschen [2]) Darre (genannt nach dem Erbauer der Eberswalder Darre vom Jahre 1837, Oberbaurat Eytelwein): die Zapfen werden in Horden eingeschüttet, welche auf hölzernen Gestellen oberhalb (zu beiden Seiten) des im untersten Stockwerk befindlichen Feuerungsraumes übereinander geschichtet sind. Von der Heizung aus wird heiße Luft durch verschließbare Oeffnungen unter die Horden geleitet, auf deren Zapfen sie nun, ohne entweichen zu können, einwirken muß. Die Zapfen werden hier fleißig umgedreht und durchrüttelt, so daß der Samen ausfällt; derselbe fällt von Horde zu Horde und kommt zu unterst (also rechts und links des Feuerungsraums) in Kühlkammern.

Anstatt der Aufschüttung der Zapfen auf Horden ist auch die Einfüllung derselben in hölzerne, gitterartige Zylinder, welche mit eisernen Reifen umgeben sind, oder in Drahttrommeln

---

1) Vergl. die Ausführungen des preuß. Landesbauinspektors v. Pentz bei der IV. Haupt-Vers. des Deutsch. Forstvereins zu Kiel 1903. (Bericht S. 35 ff.).

2) Schlieckmann, S. 628 ff.

im Gebrauch. Diese Trommeln werden durch Kurbeln nach Art der Kaffeebrenner von Zeit zu Zeit gedreht, der Samen entfällt in Sammelkanäle und wird aus diesen ausgezogen. Diese öftere Drehung der Zylinder scheint das Klenggeschäft zu fördern. Die Annaburger Darre, die größte der preußischen Staatsklenganstalten, ist nach diesem System erbaut, die Trommeln werden motorisch gedreht, wie überhaupt der ganze Betrieb maschinell eingerichtet ist.

Auch einige Privatklengbetriebe benützen Trommeldarren. Die meisten bedienen sich aber des andern Systems, kleiner verstellbarer Horden, die nach Oeffnung der Zapfen aus der Darrstube herausgenommen und über Gitterböden entleert werden; mittelst Rechen wird hier der Ausfall des Samens vollends bewirkt; statt dessen bringt man die geöffneten Zapfen auch in zylinderförmige Leierfässer, sog. „Triller". Diese sind aus Eisendraht hergestellt und mit Siebwandungen versehen, durch welche nur die Samenkörner hindurchgehen können. Durch Drehen wird das Ausfallen des Samens veranlaßt; die leeren Zapfen gleiten aus dem schräg gestellten Triller in einen Seitenraum.

Eine besondere Abart dieses Systems bedeutet die Einrichtung der im Jahre 1896 umgebauten Eberswalder Darre [1]). Die Horden sind nicht übereinander gestellt, vielmehr ist der Darraum durch senkrechte Wände in mehrere Abteilungen gesondert, welche der warme Luftstrom nacheinander durchstreicht; nach Durchströmen aller Abteilungen kann die Darrluft zum Heizkörper zurückgeleitet werden, so daß ein Kreislauf entsteht (wie „Zirkulationslüftung"). Durch Klappeneinstellung wird es ermöglicht, die Luftströme bald in der einen, bald in der andern Richtung zu führen, was gleichmäßige Erwärmung des Raumes und gleichmäßiges Oeffnen der Zapfen befördert.

Wir gehen weiter zur Beschreibung der Dampfdarren, die statt Heißluft Dampfheizung benutzen, zuerst in der Klenganstalt von H. Keller Sohn [2]) in Darmstadt angewendet, inzwischen auch anderwärts (so bei Appel) eingeführt: der in einem Dampfkessel außerhalb des Klenggebäudes erzeugte Wasserdampf wird unter den Horden in einem Röhren-System mehrfach hin- und hergeleitet; zur Abführung des kondensierten Wassers mündet die Leitung wieder in den Dampfkessel aus.

Geringere Feuergefährlichkeit einerseits, raschere Erzielung der erforderlichen Temperaturgrade andererseits werden als Vorzüge der Dampfdarren gerühmt. Es ist hier nicht der Ort, die Vorteile und Nachteile der verschiedenen [3]) Verfahren gegeneinander abzuwägen; Voraussetzung für befriedigende Klengergebnisse ist die Vermeidung schädlicher Hitzegrade; die Gefahr der Ueberhitzung ist größer, wenn früh geerntete stark wasserhaltige Zapfen verwendet werden.

Die vielfach verbreitete Ansicht, daß kurze Zeit wirkende, hohe Hitzgrade nicht nachteilig wirken, wenn nur der ausfallende Samen sofort in kühle Räume verbracht wird, ist durch die Untersuchungen Haacks (a. a. O.) vollständig widerlegt. Mit Rücksicht darauf, daß „zwischen der noch zulässigen und einer dem Samen schon verderblichen Hitze nur wenige Grade" liegen, empfiehlt es sich, nie die höchst zulässigen Hitzegrade aufkommen zu lassen; über 45—50° C. sollte die Temperatur keinenfalls steigen; man wird dabei die Horden so einsetzen, daß an den kühleren Stellen zunächst die noch feuchten Zapfen liegen, während an die wärmsten nur die unmittelbar vor dem Platzen stehenden gebracht werden [4]). Wiebecke (a. a. O.) empfiehlt außerdem eine Vordarrung in geeigneten Schuppen bei ca. 25° C. zur Herabsetzung der eigentlichen Darrzeit und der Darrtemperatur, außerdem eine vorgängige Abtrocknung der Zapfen in besonderen, der Luft und Sonne Zutritt er-

1) v. Pentz a. a. O.; ferner Z. f. F. u. J. 1900, S. 634.

2) Die Einrichtungen der bekanntesten Klenganstalten sind in Gayer-Mayr, Forstbenutzung, 10. Aufl., angegeben.

3) Noch ein anderes Darrsystem mit verstellbaren Horden schlägt Wiebecke vor (Z. f. F. u. J. 1910, S. 342 f.), nämlich als Darraum 8—9 m lange, ca. 1,5 m breite und 2 m hohe Darrkanäle, in welche etwa 10 aneinander gekoppelte, auf Schienen laufende Gestelle mit den Horden eingeschoben werden können.

4) Dies der Vorteil bei den Darrkanälen nach Wiebecke, in welche von der Richtung der Ausgangstür her die warme Luft einströmt (a. a. O.).

laubenden Trockenschuppen; nach Ansicht von Klenganstaltsbesitzern dagegen soll der grün auf die Horden gebrachte Zapfen besser aufspringen als vorgewärmter.

Eine für die Rentabilität des Klengbetriebs bezw. die Höhe der Klengkosten wichtige Frage betrifft die Wahl des geeigneten Heizmaterials und andererseits die Verwertung der entleerten Zapfen [1]). Die Zapfenheizung gibt wenig anhaltende Wärme und erfordert sehr häufiges Nachfüllen; empfohlen wird deshalb eine Mischung von Kohlen und Zapfen. In manchen Gegenden sind die Zapfen als Brennmaterial für Ofenbrand und kleinere gewerbliche Anlagen, ja selbst für Feuerung in Kleinbahnen, begehrt; Fichtenzapfen werden denen der Kiefer bei weitem vorgezogen.

Der ausgeklengte Nadelholzsamen muß nun gereinigt und entflügelt werden. In den größeren Klenganstalten wird diesen Arbeiten peinliche Sorgfalt zugewendet; von Wichtigkeit ist das Entflügeln eigentlich nur zur Erleichterung der Verpackung und Versendung; mit Rücksicht auf bessere Verteilung der Samenkörner wird dagegen gerade die Verwendung beflügelten [2]) Samens empfohlen.

Die Entflügelung des Kiefern- und Fichtensamens ist übrigens (im Gegensatz zur Weißtanne) recht einfach, da die Flügel mit den Körnern nur lose zusammenhängen — bei der Fichte löffel-, bei der Kiefer zangenförmig. Am besten füllt man den Samen in Säcke und läßt diese unter öfterem Umwälzen mit ledernen Dreschflegeln bearbeiten. Vielfach werden auch besondere Maschinen (Bürstenwalzen) oder einfach Rüttelsiebe verwendet. Auch auf nassem Weg läßt sich der Fichten- und Kiefernsamen entflügeln: man breitet den Samen auf geglätteten Böden aus, übergießt ihn leicht und bearbeitet ihn, nachdem er eine Nacht durch gelegen hat, mit Dreschflegeln.

Das Reinigen des entflügelten Saatguts erfolgt mit Hilfe von Schüttelsieben, Windfegemühlen oder ähnlichen Geräten, wobei Flügel und Staub fortgeweht werden.

Noch ist ein besonderes Wort über die Gewinnung der Lärchensamen zu reden; sie bedürfen zur Ausklengung lange andauernder Wärme, wobei leicht ein Verkleben der Zapfen durch austretendes Terpentin, zumal an ihrer unteren Partie, die Entleerung erschwert. In den Klenganstalten sind deshalb besondere Vorrichtungen zur mechanischen Zerreibung der Lärchenzapfen eingeführt (Tromeln mit gezähnter Mantelfläche oder mit in ihrem Innern sich drehenden Rechenarmen, durch welche die Zapfen stetig durcheinander geworfen werden).

Beim Ausklengen in der Sonnendarre wird empfohlen, die Zapfen, sobald die weitere Entleerung durch Terpentin verhindert wird, in einen Deckelkorb zu füllen und 24 Stunden unter Wasser zu stellen; sind sie dann wieder geschlossen, so setzt man sie wieder im Klengkasten der Besonnung usw. aus. Das läßt sich natürlich nur im Kleinbetrieb machen.

§ 5. Zahlenangaben über die Klengergebnisse [3]). Die Ausbeute an reinem Samen bei voller Ausklengung läßt sich folgendermaßen in Zahlen angeben:

1. Kiefer. 1 Hektoliter Zapfen wiegt, nach dem Frost gepflückt 50 kg, vor dem Frost gesammelt 60 kg und gibt 0,75—0,90 kg abgeflügelten Samen, bei guten Darresultaten wohl auch 1 kg. 1 Kilo Samen (ca. 150 000 Körner) [4]) füllt etwa 2 Liter; auf 10 kg Flügelsamen kommen 7 kg abgeflügelter Samen.

---

1) Nach Borgmann können die gesamten Betriebskosten durch den Verkauf der leeren Zapfen gedeckt werden (s. Bericht über die IV. Hauptvers. der Deutsch. Forstvereins zu Kiel 1903, S. 148.

2) So von Wagner in „Die Grundlagen der räumlichen Ordnung" (2. Aufl. S. 42).

3) Ueber die Ernteergebnisse fehlen genaue, auf die Flächeneinheit bezogene Angaben. Soboleff (s. C. f. d. g. F. 1909, S. 137) hat Untersuchungen über den Samenertrag der Fichte angestellt und dabei Samenerträge von 25—90 kg (Samenkörner) pr. ha erhalten.

4) Das Gewicht der Samenkörner ist übrigens nach Klima und Bestandesalter sehr verschieden, wärmeres Klima und jüngere Bestände ergeben schwerere Samen; vgl. die Untersuchungen Schottes (N. Z. f. F. u. L. 1906, S. 22).

2. Fichte. 1 Hektoliter Zapfen wiegt etwa 25—30 kg und gibt 1,2—1,9 kg reinen Samen. Auf 10 kg Flügelsamen kommen 6 kg Kornsamen. 1 kg Samen (ca. 120 000 Körner) umfaßt 2,15 Liter.

3. Weißtanne. 1 Hektoliter Zapfen wiegt grün 25—30 kg und liefert 2—3 kg reinen Samen. 1 kg Samen enthält ca. 24 000 Körner, also bei weitem weniger als Kiefer und Fichte und umfaßt ca. 3,5 Liter.

4. Lärche. 1 Hektoliter Zapfen wiegt grün ca. 35 kg und gibt 2—3 kg abgeflügelten Samen. 1 kg Samen enthält ca. 120 000 Körner (soviel als Fichtensamen) und umfaßt ca. 2 Liter. 1 kg Flügelsamen gibt 0,8 kg Kornsamen.

Die Kosten des Klengens sind schwer anzugeben; je nach der Art und Größe des Betriebs sind dieselben verschieden. In den preußischen fiskalischen Darren besteht die Einrichtung, daß für das in einer Darrkampagne über 500 kg gewonnene Samenquantum ein um 5—10 Pf. geringerer Lohn als für die ersten 500 kg gegeben wird, und daß bei einem Quantum von über 1000 kg eine weitere Ermäßigung des Darrlohns eintreten kann. Dieser Modus der Bezahlung wird übrigens von Fm. Schlieckmann a. a. O. insofern gestadelt, als dabei der Darrmeister nur ein Interesse an der Gewinnung hoher Gewichtsmengen, ohne Rücksicht auf sorgfältige Ausbeutung der Zapfen und auf hohes Keimfähigkeitsprozent habe.

Ueber die Kosten der Selbstgewinnung sind mit Bezug auf Kiefernsamen dem Bericht über die IV. Versammlung des D. F. V. (Kiel 1903) ff. Zahlen zu entnehmen: Die Hordendarren produzieren gewöhnlich das kg mit 26—28 Pf. (1 hl Zapfen gibt etwa 0,85 kg Körner); der gesamte Selbstkostenpreis der großen älteren preußischen Darren berechnet sich für 1903 auf 4.50 Mk. bis 6.30 Mk., für die neue erst kurz zuvor eröffnete Annaburger Trommeldarre zu 7.39 Mk. Wenn man demgegenüber bedenkt, daß im selben Frühjahr 1903 der Samenpreis für 1 kg Kiefern bei den Händlern sich auf 6 Mk. bis 7.30 Mk. belief, so rechtfertigt sich die Selbstgewinnung auch vom finanziellen Standpunkt. Die Rechnung fällt aber noch wesentlich günstiger aus, wenn es auf diese Weise gelingt statt nur 70 %igen 80—90 %iges Saatgut zu bekommen [1]).

§ 6. **Die Aufbewahrung der Holzsamen.** Es handelt sich entweder nur darum, den im Herbst gesammelten bezw. im Lauf des Winters gewonnenen Samen bis zur Aussaat im Frühjahr zu lagern, oder aber kommt länger dauernde Aufbewahrung über 1—2 Jahre und womöglich noch länger in Frage, was bei stark und ständig begehrten Sämereien angesichts der wechselnden Ergiebigkeit der Ernten an sich wünschenswert wäre.

Zunächst sind die Bedingungen genau zu beachten, unter denen die verschiedenen Samen naturgemäß überwintern [2]). Die oben angeführte Zeit des Samenausfalls gibt hiefür einige Anhaltspunkte. Soll die künstliche Aufbewahrung ohne Schaden für die Keimfähigkeit von statten gehen, so müssen die naturgemäßen Lebensbedingungen dem Samen eingeräumt bleiben; lebensgefährdende Störungen, extreme Zustände bezüglich Temperatur und Feuchtigkeit und vor allem plötzliche Uebergänge sind zu vermeiden; andererseits ist die Keimung des Samens im Interesse des Saaterfolges tunlichst zurückzuhalten. Im einzelnen lassen sich ungefähr ff. Regeln aufstellen:

Die Eicheln. Wie alle großen Sämereien vermögen sie ihre Keimfähigkeit nicht länger als über Winter zu erhalten; die naturgemäße Herbstsaat wäre deshalb

1) Nach den Haack schen Untersuchungen (a. a. O.) ergibt 1 kg 85%igen Kiefernsamens denselben Saaterfolg wie 1,7 kg 70%, 1,4 kg 75%, 1,2 kg 80% und 0,8 kg 90%igen Samens.

2) Vergl. Zederbauer, Versuche über Aufbewahrung von Nadelholzsämereien (C. f. d. g. F. 1910, S. 116).

an sich das Richtige. Mit Rücksicht auf allerhand Beschädigungen (Mäuse, Wild usf.) empfiehlt sich aber häufig Frühjahrssaat. Trockene und warme Luft bringt die Eicheln zum Abdorren; gegen Frost sind sie dagegen nicht besonders empfindlich; nach Zederbauer hat sich bei Aufbewahrung unter niederer Temperatur und hoher Feuchtigkeit die beste Keimfähigkeit ergeben. Die Aufbewahrung erfolgt vielfach über der Erde in kegelförmigen mit Stroh oder Moos bedeckten Haufen, die man wohl auch mit Laub und Stroh untermengt. Die Eicheln müssen zuvor abgetrocknet werden, um vor Schimmelbildung und Erwärmung geschützt zu sein. Daneben wird auch das Einmieten in Gruben empfohlen, am besten nach v. Alemanns Verfahren; da und dort werden die Eicheln, in Körbe oder Säcke gefüllt, unter Wasser (in Bächen oder Brunnen) aufbewahrt [1]). Wegen der früh eintretenden Keimung empfiehlt sich zeitige Aussaat.

Bucheln: sie sind infolge ihres Oelgehalts gegen Frost kaum empfindlich, müssen aber sorgfältig gegen stockende Feuchtigkeit und Erhitzung ebenso wie gegen Austrocknung geschützt werden. Ausbreiten und Durchlüften hilft am besten gegen Erhitzung, gelegentliches Bebrausen mit kalt Wasser gegen Austrocknung, wenn man in Schuppen und dergl. die Ueberwinterung vornimmt; bei Aufbewahrung im Freien empfiehlt sich neben Schutzmaßregeln gegen Mäusefraß die Durchmengung mit Zwischenschichten frisch eingebrachten Sands sowie Bedeckung mit Stroh, Laub, Moos und eventl. noch Erde.

Hainbuchen- und Eschensamen, welche beide vor dem Aufgehen ein Jahr überzuliegen pflegen, bewahrt man in grabenförmigen, 30 cm tiefen Furchen, flach mit Erde bedeckt, bis zum Frühling des 2. Jahres auf.

Birkensamen ist schwer aufzubewahren; in Haufen erhitzt er sich leicht, weshalb man zunächst für gutes Ablüften sorgt, worauf man ihn auf dem Speicher flach aufschüttet.

Ahornsamen läßt sich leicht in Haufen oder noch besser alsbald in Säcken, die der Mäuse halber wohl auch frei aufgehängt werden, aufbewahren.

Erlensamen ist ähnlich dem Birkensamen zu behandeln.

Ulmensamen wird am besten alsbald nach der Reife gesät, da er bei der Aufbewahrung fast stets verdirbt; eventuell müßte er auf luftigem Speicher, aber ja nicht in Säcken zusammengepreßt, aufbewahrt werden.

Tannensamen verliert beim Aufbewahren seine Keimkraft leicht; man hebt ihn daher mindestens mit den Schuppen oder noch besser in ganzen Zapfen den Winter über auf, falls man nicht die Saat schon im Herbst bewirken kann; letzteres empfiehlt sich am meisten. Nach den Untersuchungen Zederbauers ist der Tannensamen besonders empfindlich gegen Feuchtigkeitsentzug bei gleichzeitiger Temperatur über 0°.

Kiefern- und Fichten-, sowie Lärchensamen bewahren ihre Keimkraft ebenfalls am längsten bei Aufbewahrung in den Zapfen. Andernfalls ist das Belassen der Flügel an dem geklengten Samen zweckmäßig. Von reinem Kornsamen hebt sich trocken entflügelter besser auf als naß entflügelter. Im Gegensatz zur Tanne können die Fichten-, Kiefer- und Lärchensamen Bodenfeuchtigkeit nicht ertragen; niedere Temperatur wirkt günstig aber nicht in Verbindung mit Bodenfeuchtigkeit (Zederbauer a. a. O.).

Neue, wesentlich bessere Methoden zur Aufbewahrung der Nadelholzsämereien

---

1) Die Maßnahmen zur Aufbewahrung der Sämereien sind je für die einzelnen Holzarten gesondert sehr eingehend von Fürst in „Pflanzenzucht im Walde“, vierte Auflage, S. 269 ff. behandelt.

haben Cieslar[1]) und Haack[2]) gewiesen. Cieslar empfahl Aufbewahrung in fest verschlossenen gegen Luftzutritt verdichteten Gefäßen. Die Haack'schen Untersuchungen bestätigten vollauf diese Vorschläge. Um die Lebensbetätigung der Samen noch mehr einzuschläfern, empfiehlt er außerdem Lagerung der Samenbehälter an kühlen Orten, womöglich in Eiskellern. Auf diese Weise gelingt es, den Fichten- und Kiefersamen — wie von Haack zuverlässig nachgewiesen wurde — mindestens 3 Jahre lang ohne erhebliche Einbuße an Keimkraft aufzubewahren[3]); nach den angestellten Versuchen war das Keimprozent des 3 Jahre lang unter Luftabschluß auf Eis aufbewahrten Samens noch ebenso hoch als bei dem nur 1 Jahr lang luftig aufbewahrten. Bei vorübergehender Aufbewahrung genügt natürlich auch die gewöhnliche freie Lagerung auf Speichern in Schuppen und dergl., wo die Samen von Zeit zu Zeit umgestochen werden sollten. Auch wird Aufbewahrung in durchlöcherten Kisten empfohlen. Zum Versand füllt man den Samen in Säcke oder Kisten.

Wertvolle andere Sämereien — meist kleinere Mengen — hebt man in Säcken auf, welche zum Schutz gegen Mäuse am besten aufgehängt werden.

2. Die Nutzung sonstiger Bestandteile des stehenden Holzes.

§ 7. Die Gewinnung von grünen Blättern und Zweigen. Abgesehen von der Bereitung sog. „Waldwolle", eines Ersatzstoffs für Seegras und Baumwolle, aus den Kiefernadeln und der Herstellung ätherischer Oele aus den Fichten- und Tannennadeln handelt es sich hier um die Verwendung der jüngsten Sprosse und Sproßteile zur Viehfütterung und zur Einstreu im Stall. Dienen dem ersteren Zweck vorwiegend Laubholztriebe, so beschränkt sich die „Ast- oder Schneitelstreu"-Nutzung fast ganz auf die Nadelhölzer.

Zur Futterlaubgewinnung nimmt die landwirtschaftliche Bevölkerung in Notjahren (z. B. 1893) ihre Zuflucht, mancherorts steht sie ständig in Uebung; auch zur Wildfütterung wird gedörrtes Laub empfohlen. Der Futterzweck wird am besten erreicht mit solchen Pflanzenteilen, die den höchsten Gehalt an physiologisch wertvollen Stoffen, an Eiweißsubstanzen, gewähren. Dem Grad der Tierbeschädigung nach zu schließen, dürften die einzelnen Holzarten etwa in folgende Reihenfolge vom höchsten zum geringsten Futterwert zu bringen sein: Pappel (besonders kanadische), Esche, Weide, Linde, Eiche, Ahorn, Ulme, Buche, Weißtanne, Fichte, Forche, Lärche; die letztgenannten werden höchstens noch vom Wild und von der Ziege angenommen. Was den Zeitpunkt der Nutzung anlangt, so ergibt sich nach den neuesten Untersuchungen[4]), daß der Monat Juli zur Futterlaubernte am geeignetsten ist; zu dieser Zeit haben die Blätter den höchsten Gehalt an Proteinstoffen aufzuweisen, während das Herbstlaub fast keinen Nährwert besitzt. Die Zweige[5]) dagegen enthalten im Winter unmittelbar vor dem Austreiben der Knospen verhältnismäßig am meisten

1) Versuche über Aufbewahrung von Nadelholzsamen unter luftdichtem Verschluß. C. f. d. g. F. 1897, S. 162.

2) Z. f. F. u. J. 1909, S. 353; M. d. D. F.-V. 1909, Nr. 6.

3) Die preußische Staatsforstverwaltung hat diesen Gedanken bereits mit entsprechenden Anweisungen Folge gegeben (s. Möller, Z. f. F. u. J. 1910, S. 694). Im Tharandter botanischen Institute sind Versuche mit der Haackschen Methode gemacht worden; dabei haben sich nach 1jähriger Aufbewahrung im Eiskeller für Tanne, Eiche, Buche und Ahorn überaus günstige Erfolge ergeben. (N. Z. f. L. u. F. 1911, S. 402.)

4) Vergl. die Untersuchungen von B. Schulze und J. Schütz über die Stoffwandlung in den Laubblättern (Landw. Versuchsstationen, 71. Bd., S. 299); ferner eine Arbeit aus der bayr. Versuchsanstalt von Dr. Bauer (N. Z. f. F. u. L. 1911, S 409).

5) Vergl. Ramann, Holzfütterung und Reisigfütterung, 1890, S. 15 ff.

Rohprotein. Je schwächer die Triebe sind, umso reicher an Stickstoff; unter 1 cm starke Zweigspitzen sind am besten. Die Futterreisiggewinnung erfolgt demnach am zweckmäßigsten durch entsprechende Verwendung der bei der Holznutzung (Reinigung, 1. Durchforstung) anfallenden schwächsten Reis-Sortimente, während als eigentliche Nebennutzung das Abstreifen oder Abschneiden von Blättern und blattreichen Zweigen zur Sommerszeit in Frage kommt. Der Nährwert geeigneten Futterlaubs kommt dem des Wiesenheus nahezu gleich, übertrifft jedenfalls denjenigen des Strohs.

Daß die Futterlaubnutzung infolge Entzugs der Assimilationsträger auf das Holzwachstum nachteilig einwirkt, kann als selbstverständlich gelten, außerdem ist die Gefahr der Waldbeschädigung damit verbunden. Einzelne Betriebsarten, wie Kopfholz- und Schneitelbetrieb, teilweise auch der Niederwaldbetrieb, sind gerade auf diese Nebennutzung zugeschnitten. Im Wirtschaftswald kann sie nur ausnahmsweise und zwar an solchen Bestandesteilen zugelassen werden, die ohnehin zur früheren oder späteren Ausscheidung (Schutzholz, Vorwüchse und dergl.) bestimmt sind. Durch rechtzeitige Ausführung von Reinigungen und Durchforstungen kann dem Bedürfnis nach der besprochenen Nebennutzung vollständig Genüge geleistet werden.

Dasselbe gilt auch für die „Ast- oder Schneitelstreu"-Gewinnung. Als eigentliche Nebennutzung hat sie keinen Platz im Wirtschaftswald. In waldarmen Gegenden wird die Schneitelstreugewinnung allerdings nicht so bald verschwinden; in Bauernwaldungen sieht man die Nadelholzbäume oft bis nahe unter den Gipfel der Aeste beraubt; wenn diese Verstümmelungen auch nicht zum Absterben führen, so schädigen sie doch das Zuwachsvermögen und die technischen Eigenschaften des Holzes. Das Jahr 1893 hat in vielen Waldungen deutliche Spuren der durch das Aufasten und das Besteigen der Bäume verursachten Holz- und Rindenverletzungen hinterlassen. So sehr sich demnach die Forstwirtschaft der eigentlichen Schneitelstreugewinnung gegenüber ablehnend verhalten muß, so wird sie doch der Aststreunutzung als einer Verwertungsmöglichkeit für das bei der Holzhauerei anfallende Reisig volle Beachtung zu schenken haben. Der alljährliche Anfall an Streureisig ist in größeren Nachhaltsbetrieben zumal bei intensiver Bestandespflege reichlich genug, um weitgehende Bedürfnisse der umwohnenden Bevölkerung befriedigen zu können. Man hat von forstwirtschaftlicher Seite schon seit lange den Versuch gemacht, die Bodenstreu durch Aststreu mehr und mehr zu verdrängen; leider nicht überall mit dem gewünschten Erfolg; die landwirtschaftliche Bevölkerung zeigt vielfach Abneigung gegen die Reisstreu. Die Zubereitung ist etwas zeitraubend, da jeweils die jüngsten allein verwendbaren Triebe (etwa bis kleinfingerstark) abgehackt werden müssen. In Gegenden, wo die Nadelholzreisstreu eingeführt ist, hört man ihre guten Eigenschaften rühmen: sie bereite ein warmes Lager und besitze hohe Aufsaugungsfähigkeit; wenn nur das schwächste Reisig verwendet wird, zersetzt sich der Reisstreudünger verhältnismäßig rasch und können Beschädigungen der Ackergeräte nicht vorkommen. Der hohe Mineral- und Stickstoffgehalt des schwachen Reisigs ist wissenschaftlich nachgewiesen [1]).

§ 8. Sonstige Nebenerzeugnisse der Waldbäume. Im tropischen und subtropischen Wald erlangt die Gewinnung von Nebenprodukten des Holzes wie Gummi, Kautschuk, Wachs, Lack, Farb- und Gerbstoffe (von Rinde abgesehen), Fette, Chinin u. a. geradezu die Bedeutung der Hauptnutzung; die koloniale Forstwirtschaft wird sich hiemit zu befassen haben.

---

1) Ramann a. a. O.

In den Ländern der gemäßigten Zone spielt eine beachtenswerte Rolle lediglich die Harznutzung. Da dieser Gegenstand in der Technologie behandelt wird, genügt es hier, darauf hingewiesen zu haben; es wird sich ohnehin für den Bereich des Wirtschaftswalds in Zukunft mehr um die Harzgewinnung aus gefälltem Holz bezw. aus den im Boden verbleibenden Stöcken handeln können, als um die früher übliche Anzapfung des stehenden Holzes. Zu erwähnen ist noch die Möglichkeit der Zuckergewinnung aus manchen Ahornarten [1]).

3. Die Nutzung der Abfallstoffe des stehenden Holzes.

§ 9. Raff- und Leseholz. Die dürr gewordenen vom Schaft sich ablösenden Aeste und Zweige werden meist der ärmeren Bevölkerung unentgeltlich überlassen, teilweise, so besonders auch die abgefallenen leeren Nadelholzzapfen, gegen Entgelt in der Form der Ausstellung von Erlaubnisscheinen (sog. „Einmiete"); da und dort ist die Leseholznutzung ein Gegenstand der Berechtigung. In gut bevölkerten Gegenden, z. B. in der Umgebung von Industrieorten spielt diese Nebennutzung eine sozialpolitisch wichtige Rolle; es sind in der Tat recht erhebliche Geschenke, — man schätzt die Leseholzmengen auf 12—15 % der gesamten Holzmasse — die der Wald in dieser Form den minder bemittelten Volksschichten darbietet. Außer dem am Boden liegenden Abfallreisig werden dem Leseholz in einzelnen Gebieten auch die dürren in unschädlicher Weise vom Baum entfernbaren Aeste beigezählt, zum Teil überläßt man auch die dürren Stangen noch den Leseholzsammlern. So wünschenswert die Entfernung des dürren Holzes mit Rücksicht auf Insekten- und Feuergefahr ist, so darf doch auch nicht außer acht gelassen werden, daß das auf dem Boden zerstreut liegende Reisig einen — je nach Standort — wertvollen Bodenüberzug bildet und in dieser Beziehung bis zu einem gewissen Grad die gleichen Vorteile wie die Laub- und Nadeldecke dem Waldboden bietet. Andererseits mag die unentgeltliche Ueberlassung des Leseholzes als natürliche und gerechte Besitzsteuer erscheinen und zugleich als Maßregel zur Vorbeugung von Holzentwendungen. Trotzdem erfordert gerade auch eine ausgedehnte Leseholznutzung aufmerksame Ueberwachung durch das Forstschutzpersonal, da sie leicht allerhand Waldbeschädigungen und Uebergriffe im Gefolge hat. In den größeren Forstverwaltungen ist deshalb die Leseholznutzung auf bestimmte Wochentage und Tageszeiten beschränkt; auch sind, um mißbräuchliche Nutzungsüberschreitungen zu vermeiden, besondere Vorschriften bezüglich der zugelassenen Geräte (keine schneidenden Werkzeuge) und der Fortschaffungsmittel (nur Trachten und Handwagen) erlassen.

§ 10. Die Laub- und Nadelstreunutzung [2]).

a) Bedeutung und Wert der Laub- uud Nadelstreu als Nutzungsgegenstand.

Indem man den Blattabfall der Waldbäume, untermischt mit Sproß- und Rindenresten, als Laub- und Nadelstreu bezeichnet, ist der weitaus wichtigste Ver-

---

1) Walther, A. F. u. J.-Z. 1907, S. 315.

2) Literatur: Walz, Waldstreu 1850 und 1870; Fraas, desgl. 1856; Fischbach, Beseitigung der Waldstreunutzung 1864; Heiß, Waldstreufrage 1866; Vonhausen, Raubwirtschaft in den Waldungen 1867; Ney, Die natürliche Bestimmung des Waldes und die Streunutzung 1869; Ebermayer, Die gesamte Lehre der Waldstreu 1876; Ramann, Die Waldstreu und ihre Bedeutung für Boden und Wald 1890; Wolff, Praktische Düngerlehre 1872; derselbe, Aschenanalysen etc., II. Teil, 1880; Ramann, Bodenkunde, 2. Aufl. 1905; Mitscherlich, Bodenkunde 1905; Funke, Zur landw. Taxation bei der Ablösung der auf Wäldern lastenden Weide- und Streurechte in der Zeitschr. f. d. ges. Staatswiss., 31. Bd.; Danckelmann, Die Ablösung und Regelung der Waldgrundgerechtigkeiten 1888, III. Teil,

wendungszweck dieser Nebenprodukte schon angedeutet. Außer zur Einstreu in Stallungen dient das eingesammelte Laub wohl auch zur Füllung von Bettsäcken, zur Herstellung von Isolierschichten, zur Kompostbereitung u. a. Unter dem weiteren Begriff „Waldstreu" ist der lebende Bodenüberzug, soweit er zum gleichen Zweck verwendet wird, mit inbegriffen; in den Nadelholzbeständen wird der Nadelabfall zugleich mit der Moosdecke gewonnen. Trotzdem empfiehlt es sich aus systematischen wie sachlichen Gründen, die Nutzung des Laub- und Nadelabfalls gesondert von der erst im nächsten Abschnitt zu besprechenden Moos- und Unkrautstreu zu behandeln. Die gemeinsamen Gesichtspunkte werden gleich hier erörtert.

Die Streunutzung ist eine neuere Erscheinung der Bodenwirtschaft, veranlaßt durch die rasche Bevölkerungszunahme und die intensivere Gestaltung der landwirtschaftlichen Betriebe, insbesondere durch den Uebergang von der Weide zur Stallfütterung und den immer ausgedehnteren Anbau von Futter- und Handelsgewächsen. Der Höhepunkt dieser Forstnebennutzung dürfte im großen ganzen überschritten sein; geht doch die moderne bodenwirtschaftliche Tendenz dahin, eine möglichst reinliche Abscheidung der verschiedenen Wirtschaftszweige herbeizuführen, und auch von landwirtschaftlicher Seite wird betont, daß mit zunehmender Betriebsintensität die Bedeutung der Streunutzung mehr und mehr abnehmen müsse [1]).

In wirtschaftsgeographischer Hinsicht ist festzustellen, daß die Waldstreunutzung besonders in den Gegenden üblich ist, wo die Ungunst des Bodens, des Klimas oder der topographischen Verhältnisse den für landwirtschaftliche Benützung sich eignenden Grund und Boden sehr knapp bemessen hat und parzellierter Kleinbesitz vorherrscht, namentlich wenn dabei die Bevölkerung eine verhältnismäßig dichte ist, wie dies z. B. für Teile des rheinisch-westfälischen Zech- und Hüttengebiets und für manche industriereiche Täler der deutschen Waldgebirge (Schwarzwald, Vogesen u. a.) zutrifft. Andererseits hat die Streunutzung z. T. gerade auch in minder bewaldeten Gebieten größere Bedeutung erlangt, nämlich da, wo der Anbau von Handelsgewächsen und der Weinbau in größerem Umfang betrieben wird oder wo die höhere Einträglichkeit der Viehzucht und Milchwirtschaft die Haltung eines im Mißverhältnis zur Stroherzeugung stehenden Viehstands veranlaßt hat, so daß ein großer Teil des Strohertrags verfüttert werden muß. Die Verbesserung der Verkehrsverhältnisse hat allerdings einigermaßen Abhilfe geschaffen, indem sie die Beschaffung anderer Streuersatzmittel (vor allem der Torfstreu) erleichterte; dazu kommt, daß auch der Bezug künstlicher Düngemittel erheblich billiger geworden ist, ein Umstand, der seinerseits wieder den Stroh- wie Futterertrag zu steigern vermochte [2]).

Will man den Wert der Waldstreunutzung als solcher ermessen,

Tafel XXI XLIII; Verhandlungen der Fachvereine in Karlsruhe 1838, Baden 1841, Darmstadt 1845, Mainz 1849, Passau 1851, Kempten 1856, Würzburg 1862; Arbeiten des forstlichen Versuchswesens: aus Preußen: Aufsätze von Schwappach in der Z. f. F. u. J., vor allem Jahrg. 1888, 1892, 1896, 1898 und 1900, Laspeyres 1898; aus Sachsen: Arbeiten von Krutzsch, Stöckhardt, Schröder, Kunze im Tharandter Jahrbuch, Jahrg. 1850, 1852, 1863, 1869, 1876, 1881; aus Oesterreich: Arbeiten von Riegler, v. Höhnel, Kramer, Böhmerle in den Mitteil. der forstl. Versuchsanstalten Mariabrunn 1879, 1882, und im C. f. d. g. F. 1906, 1909 und 1910; aus Württemberg: Bühler in M. f. d. F. u. J. 1876; zahlreiche Aufsätze von Ramann in der Z. f. F. u. J. (im einzelnen zitiert).

1) v. Seelhorst in Z. f. F. u. J. 1911, S. 315 ff.; Buhlert, Untersuchungen über den Wert von Wald- und Heidestreu im Landw.-Betrieb (Berichte aus dem physiol. Laborat. und der Versuchsanstalt des landw. Instituts der Universität Halle, XV. H., Dresden 1901).

2) In Frankreich, ferner in der Nord- und Ostschweiz ist die Streunutzung nur selten üblich (Boppe et Jolyet, Les forêts 1901; Krämer, Die Landwirtschaft im schweizerischen Flachland 1897).

so sind 3 Gesichtspunkte ins Auge zu fassen: 1. die Eignung der Streu als Lager für die Tiere, 2. ihre Fähigkeit zur Aufsaugung und Festhaltung der tierischen Dungstoffe, und endlich 3. die Düngerwirkung des betreffenden Streumaterials. Nach allen diesen drei Richtungen steht der Laub- und Nadelabfall hinter anderen Stoffen [1]), vor allem dem Stroh, entschieden zurück. Was zunächst den 1. Punkt anlangt, so wären nach Funke, „um die einem Gewichtsteil Stroh gleichkommende Streuwirkung zu erzeugen", etwa erforderlich 3,5 Gewichtsteile Laubstreu. Sehr wichtig im Sinn einer rationellen Stallwirtschaft ist ferner der 2. Gesichtspunkt, die möglichst vollständige Aufnahme der dungkräftigen flüssigen Exkremente; hierfür kann als Anhaltspunkt die Wasserkapazität der Streustoffe dienen. Die Untersuchungen [2]) von Ebermayer und Wollny ergeben, daß Buchenlaub weniger Flüssigkeit als Stroh, Moos und Farnkraut aufzunehmen vermag, der Fichten- und Kiefernnadelabfall aber noch weniger als das Buchenlaub. Bei Benutzung von Laub- und Nadelstreu erleidet der Landwirt somit Düngerverluste insbesondere an Stickstoff und Alkalien. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes ist empfohlen worden [3]), der Laubstreu humose Erde beizumischen; bekanntlich sind die Nutzungsberechtigten nur allzuleicht geneigt, außer der jüngsten Laubschicht auch noch humose Teile zusammenzukratzen. Die Düngerwirkung der Streu endlich bemißt sich, abgesehen von dem eben besprochenen Gesichtspunkt, nach ihrem eigenen Gehalt an wichtigen Pflanzennährstoffen, nach dem Grad ihrer Zersetzbarkeit und nach der Konsistenz des hieraus gewonnenen Mists. Der Gehalt an Pflanzennährstoffen ist verschieden je nach der Zeit der Nutzung; denn die beginnende Verwesung führt einerseits zur Auflösung der organischen Substanz, andererseits zur Auslaugung der Mineralstoffe. Nach den Untersuchungen von Ebermayer, Wolff u. a. ist die Laub- und Nadelstreu dem Stroh an Stickstoffgehalt überlegen (Nadelstreu noch mehr als Laubstreu), beide stehen aber hinsichtlich Kaliwert zurück, dagegen ist der Phosphorsäuregehalt des Buchenlaubs wieder höher als beim Stroh. Ungünstig verhält sich die Laub- und Nadelstreu infolge ihrer trägen Zersetzbarkeit; die Laubstreu bildet außerdem einen klumpigen, schwer zu verladenden und auszubreitenden Mist, der auf strengen Böden ungünstige Humusbildungen veranlaßt. Unter Berücksichtigung all der angegebenen Momente hat Funke eine Skala für die verschiedenen Streusorten aufgestellt: Einem Gewichtsteil lufttrockenen Winterroggenstrohs sind etwa gleich zu achten: 3 Gewichtsteile Laubstreu, 1,84 Heidekraut, 1,7 Heidelbeere, 1,4 Moos. (Die reine Nadelstreu ist gleich minderwertig wie die Laubstreu, in Untermischung mit Moos gilt sie aber als besseres Streumaterial).

Hiernach ließe sich der Gebrauchswert der Laub und Nadelstreu natürlich auch in Geld ausdrücken, wenn man von einem bestimmten Strohpreis ausgeht und die höheren Wertungs- und Beifuhrkosten der Waldstreu in Abzug bringt. Bei freier Preisbildung richten sich die tatsächlichen Tauschwerte für Waldstreu ganz nach den Strohpreisen; es wird aber von den größeren Forstverwaltungen unter Ausschaltung der natürlichen Preisgesetze in Notjahren ein ermäßigter Preis angesetzt. Um so wertvoller gestalten sich jene im Wald zur Verfügung stehenden Strohersatzstoffe für den kleineren Waldbesitzer, der hier den Eigenbedarf ausgiebig zu decken nur allzu leicht versucht ist. So kommt es, daß diese Nebennutzung, wie es in Hagen-

1) Vergl. Buhlert a. a. O., ferner Carganico im Jahrbuch des Schles. Forstvereins 1902, S. 52. Das aus Laub- und Nadelabfall bereitete Lager soll weniger trocken und weniger warm, in einzelnen Fällen auch für die Gesundheit der Tiere weniger zuträglich sein (s. a. Dr. Giersberg in F. Cbl. 1906, S. 530).

2) Ramann 1905, S. 346.

3) Wolff, Düngerlehre, S. 81.

Donner[1]) heißt, „in einigen Landesteilen eigentlich als Hauptertrag bezeichnet werden muß".

Zur Kennzeichnung des Werts der Nutzung sowohl für den Waldbesitzer als für die streubedürftige Bevölkerung sind noch Angaben über die Massenerträge mitzuteilen: Die Blattmenge der einzelnen Holzarten ist sehr verschieden. Man hat eine Stufenleiter festgestellt, in welcher Buche, Ahorn, Linde obenan stehen, Esche, Birke und Aspe den untersten Platz unmittelbar nach den Nadelhölzern einnehmen. Aber auch der Streuertrag der einzelnen Holzart schwankt in ziemlich weiten Grenzen: Bestandesverfassung, Alter, Schlußgrad, Erziehungsweise, bedingen Verschiedenheiten; vor allem aber ist die Standortsgüte maßgebend. Zu unterscheiden ist zwischen dem jährlichen Streuanfall und dem jeweils verfügbaren Streuvorrat; auf ersteren ist die Jahreswitterung von größtem Einfluß, indem z. B. trockene Jahrgänge wesentlich geringeres Blatterzeugnis (bis zu 60 % weniger als nasse) aufzuweisen haben; der Streuvorrat andererseits richtet sich außerdem nach dem Tempo der natürlichen Laubzersetzung und nach dem Streunutzungsbetrieb. So beträgt z. B. nach Ebermayer „in vollständig geschonten oder längere Zeit nicht berechten Buchenbeständen" der Gesamtvorrat durchschnittlich die 2½ fache Menge des jährlichen Blattabfalls, in Fichtenbeständen „fast 4 mal mehr als der jährliche Nadelabfall, in Kieferbeständen im großen und ganzen fast die 5 fache Menge". Es ist aber anzunehmen, daß diese Zahlen je nach Bodenart, Bodenzustand, Klima usf. recht erheblichen Schwankungen unterliegen. Endlich ist noch zu erwähnen, daß bei fortgesetzter Streuentnahme auch die jährliche Blatterzeugung mehr und mehr abnimmt.

Aus den zahlreichen Angaben der einschlägigen Literatur über Streuerträge mögen einige Durchschnittszahlen mitgeteilt sein:

a) aus Buchenbeständen: Nach den in Bayern [2]) angestellten Erbebungen ergab sich ein durchschnittlicher jährlicher Streuanfall pro ha in lufttrockenem Zustand (d. h. mit ca. 10—15% Wasser)

für 30—60jähr.	Mittelhölzer	ca. 4182 kg	zu beachten der geringe Unterschied der Altersstufen
für 60—90 „	Baumhölzer	ca. 4094 kg	
für 90—130 „	Althölzer	ca. 4044 kg	

Krutzsch stellte für einen 50—55jähr. Buchenbestand als 8jähriges Mittel der jährlich angefallenen Laubstreu 4188 kg fest.

Weiterhin ergab sich nach den bayrischen Untersuchungen in normalen und gut geschlossenen Buchenbeständen
a) ein jährl. Streuanfall pro ha von 4 107 kg
b) ein 3jähr. Streuertrag „ „ „ 8 160 kg
c) ein 6jähr. Streuertrag „ „ „ 8 469 kg
d) ein Vorrat in geschonten Beständen von 10417 kg (n. Krutzsch 10 488).

Schwappach ermittelte folgende Zahlen auf verschiedenartigen Standorten:

bei jährlicher Nutzung	3 200 kg bis 6 500 kg (geringer bezw. guter Standort).
bei Nutzung alle 2 Jahre	4 800 kg bis 8 700 kg
bei Nutzung alle 4 Jahre	5 500 kg bis 9 200 kg
bei Nutzung alle 6 Jahre	5 700 kg bis 10 700 kg

Als einjährigen Ertrag württembergischer seit langem berechter Buchenbestände fand Bühler, ausgeschieden nach Landesbonitäten:

bei Bonität:	I.	II.	III.	IV.	V.
kg lufttrocken:	3047	2213	1462	1149	617

b) Aus Fichtenbeständen: nach den bayrischen Erbebungen wurde als durchschnittlicher jährlicher Nadelstreuanfall festgestellt

in Junghölzern	unter 30 Jahren	5 258 kg
in Mittelhölzern	30—60jähr.	3 964 kg
in Baumhölzern	60—90jähr.	3 376 kg
in Althölzern	über 90 Jahre	3 273 kg

Krutzsch ermittelte in einem 45jähr. Pflanzbestand als 4jähr. Durchschnitt 5743 kg, in einem ebenso alten Saatbestand 4152 kg. Nach Schwappachs Aufnahmen betrug der jährl. Durchschnittsertrag pro ha im Alter von 61—73 Jahren 5844 kg, von 73—82 Jahren 4880 kg.

1) Die forstl. Verhältnisse Preußens, S. 59.
2) Ebermayer, a. a. O. S. 44 ff.

Als Streuvorrat in geschonten Beständen fanden sich bei den bayrischen Erhebungen durchschnittlich 13 857 kg, nach Schwappach bei 4jährigem Turnus als Optimum 12 584 kg (in 41—53jähr. Bestand).

c) aus Kiefernbeständen: nach den bayr. Erhebungen

in 25— 50j. Best. 3397 kg durchschn. jährl. Nadelabfall	nach Krutzsch 3913,5
in 50— 75j. Best. 3491 kg durchschn. jährl. Nadelabfall	in einer 45j. Kiefernsaat,
in 75—100j. Best. 4229 kg durchschn. jährl. Nadelabfall	3646,2 in 1 Pflanzbestand.

im Gesamtdurchschnitt als 6jähriger Streuvorrat 13 729 kg
als 3jähriger Streuvorrat 8 987 kg

Die sämtlichen Zahlen beziehen sich auf den lufttrockenen Zustand; zu wissenschaftlichen Untersuchungen und Wertsschätzungen muß dieser Maßstab angelegt werden, weil das Waldgewicht je nach Witterung sich außerordentlich verschieden gestaltet; fand doch Bühler, daß 100 kg Laubstreu je nach dem Trockenheitsgrad zwischen 86,1 und 21,2 kg in lufttrockenem Zustand ergaben.

Als praktische Streumaße sind cbm oder Rm bezw. Fuhren (Fuder) üblich.

Für die oben angegebenen Streuerträge können im großen und ganzen etwa folgende Umrechnungsziffern[1]) angegeben werden: 1 cbm lufttrockenes Buchenlaub wiegt rund 60 kg, bei einem Wassergehalt von 18% rund 80 kg, eine zweispännige Fuhre lufttrocken rund 750 kg, 1 cbm Fichtennadeln bei 15% Wassergehalt rund 170 kg, 1 desgl. Kiefernnadeln 117 kg, in Untermischung mit Moos und Heide ca. 160 kg. Der durchschnittliche jährliche Streuanfall wird für Buche etwa zu 50 cbm, für Fichtennadelstreu zu 20, für Kiefer zu 30 cbm angenommen, der durchschnittliche Streuertrag bei Einhaltung einer Umlaufszeit von 6 Jahren in Buchenbeständen zu rund 100, in Fichten zu 55, in Kiefern zu 80 cbm.

b) Statik der Laub- und Nadelstreunutzung.

Geht man von den zuletzt angegebenen Streuerträgen aus und unterstellt die Beschränkung des Betriebs auf die 40—80 jähr. Bestände sowie Einhaltung eines 6 jähr. Turnus, so berechnet sich bei einem erntekostenfreien Erlös von 1 Mk. je cbm ein Reinertrag für Buchenstreunutzung von 100 Mk. je 1 ha Nutzungsfläche und von beiläufig 7 Mk. bezogen auf die Flächeneinheit einer normalen Buchenbetriebsklasse (u = 100); diese nieder angesetzten Zahlen dürften angesichts der Tatsache, daß sich in vielen Laubholzrevieren der Reinertrag der Holznutzung nicht über 30 Mk. per ha erhebt, die Streunutzung als nicht zu unterschätzende Einnahmequelle erscheinen lassen. Aufgabe der statischen Untersuchung ist es nun, diese scheinbar hohen Nebennutzungserträge in die Gesamtbilanz der Waldwirtschaft einzugliedern.

Vom privatwirtschaftlichen Gesichtspunkt [2]) aus werden übermäßige Streunutzungen gelegentlich mit dem Vorwand gerechtfertigt, daß der Wirtschaftszweck vieler Waldbesitzer in erster Linie auf Streugewinnung, nicht auf Holzerträge, gerichtet sei. Demgegenüber ist zunächst zu untersuchen, ob nicht die Nachhaltigkeit der Streunutzung selbst gefährdet ist. Genaue und einwandfreie Untersuchungen hierüber liegen nicht vor. Immerhin lassen die oben mitgeteilten Zahlen aus württembergischen, seit lang gerechten Buchenbeständen beim Vergleich mit den Ergebnissen aus anderen früher geschonten Versuchsflächen vermuten, daß langjährige Streunutzung den Streuertrag selbst nachteilig beeinflußt. Wenn man in Berichten über Streudevastation von wipfeldürren absterbenden Buchen mit geringer Belaubung hört, welche den Boden kaum zur Hälfte mehr decken und so ä., so wird man sich der Annahme nicht verschließen können, daß der streulüsterne Waldbesitzer durch übertriebene Streunutzung sich ins eigene Fleisch schneidet. Neben dem Rückgang des Streumassenertrags macht sich als Folge länger dauernder Entnahme des Blattabfalls mit der Zeit auch eine Herabsetzung des Mineralstoffgehalts und

1) Nach Ebermayer, a. a. O. S. 54 ff.

2) Vergl. z. B. Verhandlungen des Sächs. Forstvereins über Kleinwaldbesitz i. J. 1903. (Bericht über die 47. Vers. S. 104 ff.).

damit des Düngerwerts der Laubstreu geltend. Wenigstens hat Ramann in Buchenstreu-Versuchsflächen nachgewiesen, daß die Bäume der berechten Fläche Mangel an Kalk und Kali leiden [1]).

Mag der Rückgang der Streunutzung an sich von geringerer und weniger allgemeiner Bedeutung sein, so weist er doch darauf hin, daß durch regelmäßige Entnahme des Blattabfalls das Waldkapital angetastet wird.

Will man dieser Frage auf den Grund gehen, so ist zunächst festzustellen, welche Stoffe eigentlich mit der Laub- und Nadelstreu aus dem Wald entführt werden. Hierüber sind schon seit langem eingehende Untersuchungen angestellt worden. Man unterscheidet in dieser Hinsicht den Gehalt der Streu an Wasser, an organischen und an mineralischen Bestandteilen.

Der Wasserentzug kann im allgemeinen als ziemlich belanglos bezeichnet werden, zumal wenn die Nutzung erst nach längerem Liegen erfolgt. Ebermayer schätzt den Wassergehalt der frisch abgefallenen Blätter und Nadeln auf etwa 30—50%, im lufttrockenen Zustand auf 12—14%. In extremen Fällen allerdings hat sich ergeben [2]), daß bei der Ueberführung von Laubstreu in den lufttrockenen Zustand bis zu 78,8% Wasser verdunstet sind. Im großen Durchschnitt dürfte die mit der Streu dem Waldboden entzogene Feuchtigkeit einer Niederschlagsmenge von höchstens 1—2 mm entsprechen.

Was weiterhin die organischen Bestandteile der Laub- und Nadelstreu anlangt, so macht deren Anteil etwa 78—83% des Lufttrockengewichts aus; durch ihre Entfernung werden dem Waldboden die Humus bildenden Substanzen entzogen; auf die Bedeutung dieser Tatsache wird unten noch weiter einzugehen sein. Für die Pflanzenernährung sind von besonderer Bedeutung die stickstoffhaltigen organischen Bestandteile der Streu (vor allem die Proteinstoffe). Nach Ramann [3]) beträgt der Gesamt-Stickstoffgehalt der Laub- und Nadelstreu nur 0,8—1,4% (0,8 in der Kiefernstreu, rund 1,0 bei Fichte, 1,4 bei Buche); denn im Herbst unmittelbar vor dem Blattabfall hat der Stickstoffgehalt der Blätter den Tiefstand (s. oben S. 526) erreicht. Nach dem Blattabfall ist derselbe bald höher, bald niedriger, je nach dem Grad der Auslaugung einerseits, der Verwesung andrerseits; dazu kommt, daß während des Verwesungsprozesses atmosphärischer Stickstoff von der Streu gebunden wird; durch eingehende Untersuchungen mehrerer Forscher ist dieser unter der Einwirkung von Mikroorganismen érfolgende Vorgang nachgewiesen [4]). Es ist aber zu betonen, daß die Stickstoff sammelnden Bakterien (so die Gruppe Azotobakter) reichlich Nährstoffe und vor allem kalkreiche Böden beanspruchen [5]).

Von den wichtigsten Aschenbestandteilen der Streu war schon oben bei Erörterung des Düngerwerts derselben die Rede. Nachstehende Uebersicht, aus Ebermayers „Waldstreu" entnommen (S. 116 f.), zeigt die Mineralstoffmengen, welche durch die jährliche Streuproduktion im Vergleich zur Holzproduktion und zu den Ernteergebnissen einiger landwirtschaftlicher Gewächse dem Boden entzogen werden.

	In einem Jahresertrag s. durchschn. enth. kg je ha					
	Gesamt-Reinasche	KO	CaO	MgO	PO_5	SiO_2
1. Buchenhochwald (u = 120 J.)						
Streuproduktion	**18,554**	**9,87**	**81,92**	**12,22**	**10,45**	**60,36**
Holzproduktion	29,60	4,65	14,42	3,85	2,87	2,41
zus.	215,14	14,52	96,34	16,07	13,32	62,77
2. Fichtenhochwald (u = 120 J.)						
Streuproduktion	**135,92**	**4,82**	**60,94**	**6,95**	**6,41**	**49,60**
Holzproduktion	22,56	4,06	9,15	2,03	1,45	—
zus.	158,48	8,88	70,09	8,98	7,86	49,60

1) Z. f. F. u. J. 1898, S. 295.

2) Bühler a. a. O.

3) Bodenkunde 1905, S. 357.

4) cfr. Henry, Stickstoff und Streu, in Revue des eaux et forêts 1908, S. 274 und die dort zitierten Forscher Süchting, Montemartini, Wiesner, ferner Burri (Schw. Z. f. F. 1904, S. 89), Hornberger, Z. f. F. u. J. 1906, S. 775.

5) Ramann, Bodenkunde 1911, S 421.

	In einem Jahresertrag s. durchschn. enth. kg je ha					
	Gesamt-Reinasche	KO	CaO	MgO	PO_5	SiO_2
3. Kartoffeln						
Kraut	101	21,89	32,87	16,62	7,93	4,34
Knollen	164	98,50	4,19	7,66	28,33	3,47
zus.	265	120,39	37,06	24,28	36,26	7,81
4. Weizen						
Stroh	143	19,48	8,21	3,53	6,85	96,21
Körner	31	9,71	1,04	3,72	14,58	0,65
zus.	174	29,19	9,25	7,25	21,43	96,86

Man kann aus dieser Uebersicht jedenfalls so viel entnehmen, daß bei Nutzung der frisch gefallenen Streu eine bedeutende, die Holznutzung weit übersteigende Menge von Mineralstoffen, zumal Kalk, dem Boden entzogen wird. Bleibt die Streu noch längere Zeit am Boden liegen, so läßt sie infolge Auslaugung den obersten Bodenschichten erhebliche Mengen leicht löslicher Salze (besonders von Kali) wieder zugute kommen [1]).

Die angeführten Zahlen vermögen jedoch nur unter der Voraussetzung als Anhaltspunkte für Aufstellung einer Bodenbilanz zu dienen, daß durch Analysen der Gehalt eines Bodens an für die Pflanzen zugänglichen Mineralstoffen zuverlässig nachgewiesen werden kann; das ist auch nach dem neuesten Stand der Wissenschaft nur in beschränktem Umfang möglich [2]). Außerdem ist zu beachten, daß das Nährstoffbedürfnis der Pflanzen durch die Zahlen der Aschenanalyse nicht richtig widergespiegelt wird, indem die einzelnen Nährstoffe bezüglich des „Aneignungsvermögens“ [3]) der Pflanze sich ganz anders zueinander verhalten. Immerhin wird für solche Verhältnisse, unter denen die obersten Bodenschichten ausgesprochenermaßen Mangel an einem bestimmten Nährstoff (z. B. Kalk) leiden, das Ergebnis der mitgeteilten Aschenanalysen von Bedeutung sein.

Weiteren Einblick in das Verhältnis von Streunutzung und Waldkapital gewährt die Untersuchung der Vorgänge, die sich im Waldboden bei der Streuzersetzung abspielen, bezw. die Beobachtung der Veränderungen, welche ihre Entnahme zur Folge hat. Endlich wird zu prüfen sein, ob gegebenenfalls außer dem Bodenkapital auch das Bestandeskapital (der dermalige Holzvorrat) beeinträchtigt wird.

Es kann sich hier nicht darum handeln, näher auf das erstere Problem einzugehen; handelt es sich doch um nichts anderes als um die Frage der Humusbildung im Boden und um die Bedeutung der Humusstoffe für den Boden. In den neueren bodenkundlichen Schriften sind diese Fragen unter anderen Gesichtspunkten als früher behandelt. Die biologische Forschung und die Fortschritte der chemischen und physikalischen Wissenszweige (vor allem der Kolloidchemie) haben auch auf die Humuslehre umgestaltend und klärend eingewirkt.

Zum Verständnis der weiteren Ausführungen sind einige Bemerkungen über Humusbildung voranzuschicken: Je nach Pflanzenart, klimatischen und Bodenverhältnissen verläuft die Umbildung des Blattabfalles verschieden schnell. Ramann bezeichnet als entscheidende Faktoren der Zersetzung ein bestimmtes Maß von Wärme, Anwesenheit von genügend Wasser und Nährsalzen, Zutritt von Sauerstoff und Abwesenheit pflanzenschädlicher Stoffe (Säuren, Chloride usf.): das sind zugleich die Lebensbedingungen der an der Bodenumgestaltung mitwirkenden pflanzlichen (Bakterien usf.) und tierischen Lebewesen (Regenwürmer, Tausendfüßler). Unter günstigen Zersetzungsverhältnissen entsteht sog. „milder oder neutraler“ Humus („absorptiv gesättigter“), d. h. Mull und Moder gleichmäßig gemischt mit Mineralboden unter einer losen Decke der jüngsten Streuschicht. Je mehr einzelne der genannten Faktoren vom Optimum abweichen, sich einem Minimum oder Maximum nähern, um so ungünstiger verläuft der Zersetzungsprozeß; ist die Zersetzung verlangsamt, so entsteht eine Ansammlung von Humusschichten, saurer oder „absorptiv ungesättigter“ Humus.

1) Ramann 1905, S. 359.

2) S. Ramann 1911, S. 274 ff.

3) Vergl. hierüber den Aufsatz von Bauer über Stoffbildung und Stoffaufnahme etc., Nat. Z. f. F. u. L. 1910, S. 457 ff.; ferner die Arbeiten von Vater über das Zulangen der Nährstoffe im Boden. (Thar. Jahrb. 1909 und 1910; Nat. Z. f. F. u. L. 1910, S. 570.)

Die Vorteile des aus der Streu hervorgehenden milden Humus bestehen darin, daß er durch Begünstigung der Krümelstruktur und durch Erhöhung der Wasserkapazität förderlichen Einfluß auf die physikalische Bodenbeschaffenheit ausübt und die obersten Schichten mit löslichen Mineralstoffen bereichert. Dagegen erschweren dichte, verfilzte Humusschichten (Rohhumus bezw. Trockentorf) die Durchlüftung und Erwärmung des Bodens; trotz scheinbaren Ueberflusses an Feuchtigkeit und Nährstoffen treten Trockenheits- und Hungererscheinungen auf, was sich am besten durch das Ankommen einer xerophyllen und nährstoffscheuen Flora (Heide, Weißmoos, Flechten u. a.) verrät; außerdem vereiteln solche Humusanhäufungen das Keimen des natürlichen Samenabfalles und das Anwachsen der jungen Pflänzchen. Da aber auch der saure Humus einen, wenn auch z. Zt. unzugänglichen Vorrat von Mineralstoffen (vor allem Stickstoff) birgt, kann aus jenen Krankheitserscheinungen zunächst lediglich der Schluß gezogen werden, daß der Forstwirt durch geeignete Maßnahmen auf die normale Zersetzung der Streu hinarbeiten sollte. Zur Vermeidung ungünstiger Humusformen kann allerdings die Entfernung der Streudecke als einmalige oder vorübergehende Maßregel in Frage kommen; es wird aber mit Recht verlangt [1]), daß in solchen Fällen die Einnahme aus der Streunutzung zuvörderst für Gesundung der Humusverhältnisse (Bodenbearbeitung, Düngung) zu verwenden wäre.

Aber abgesehen von den nachteiligen Einwirkungen des sauren Humus auf den Bodenzustand hat die Lehre von der Bedeutung der Bodenstreu auch in andern Stücken Wandelungen erlebt:

Während ältere Forscher allgemein nur nachteilige Folgen der Streuentnahmen bei ihren vergleichenden Bodenuntersuchungen feststellen konnten, ist neuerdings (insbesondere von Ramann) durch zahlreiche Analysen und durch Untersuchungen über das Porenvolumen in gerechten und nicht gerechten Vergleichsflächen der Nachweis erbracht worden, daß unter gewissen Verhältnissen selbst eine längere Zeit ausgeübte Streunutzung bemerkbare Veränderungen im Boden nicht hervorgebracht hat, daß jedenfalls in absehbarer Zeit eine Erschöpfung der reicheren Böden durch Streunutzung nicht zu befürchten sei. Das abschließende Urteil Ramanns über die Wirkung der Streunutzung auf den Boden (s. Bodenkunde 1905, S. 365) lautet:

> „Jede fortgesetzte und jährlich wiederkehrende Streunutzung muß früher oder später zu einer Erschöpfung des Bodens an mineralischen Nährstoffen und zu einer ungünstigen physikalischen Veränderung des Bodens führen. Auf armen Böden, zumal in Sandböden tritt dies am schnellsten ein, da hier die Bedingungen der ungünstigen Beeinflussung in gesteigertem Maße vorhanden sind. Auf reicheren Bodenarten kann Streuentnahme längere Zeit ohne bemerkbare Veränderung des Bodens stattfinden und bei selten wiederkehrender Streunutzung überhaupt unbemerkbar bleiben."

Die Erschöpfung berechter ärmerer Böden erfolgt weit weniger durch den unmittelbaren Substanzentzug, wie früher angenommen wurde, als vielmehr durch die auswaschende Wirkung der Atmosphärilien [2]). Die ungünstige physikalische Veränderung aber hängt zusammen mit der Zerstörung der Krümelstruktur durch den Mangel löslicher Salze im Boden und unmittelbar durch die schlagende und verschlämmende Wirkung des Regens. Den Niederschlägen gegenüber hat die Laub- und Nadelstreudecke noch eine weitere Bedeutung. An Hängen wird das Abfließen des Regen- wie auch des Schneeschmelzwassers durch ihre aufsaugende Wirkung

---

1) Vergl. diesbezügliche Aeußerungen bei den Verhandlungen des Deutschen Forstvereins über die Humusfrage (Eisenach 1905).

2) Vergl. Ramann, Waldstreu S. 63, Bodenkunde 1905, S. 362.

verlangsamt, die Sickerwassermenge erhöht, die Bodenabschwemmung verhindert und der Ueberschwemmungsgefahr vorgebeugt. Während dieser Vorzug der Streudecke an Hanglagen nach wie vor feststeht, haben bezüglich des Wassergehalts ebener Waldflächen neuere Forscher die überkommenen Vorstellungen teilweise berichtigt, so namentlich durch den Nachweis der Bodenaustrocknung unter stärkeren Humusschichten. Ein Optimum an Bodenfeuchtigkeit ergibt die dünne und locker gelagerte Blattabfallschicht, die einerseits dem Obergrund nur wenig Niederschlagswasser vorenthält, andererseits doch genügend Schutz gegen die Verdunstung des kapillar aufsteigenden Bodenwassers gewährt. Außer dem Verdunstungsverlust durch Streuentzug wird als empfindlichster Nachteil der Streunutzung der Feuchtigkeitswechsel empfunden, der allerdings je nach Bodenart (am meisten auf Tonboden), Jahreswitterung wie auch nach dem Zeitpunkt der Nutzung verschieden stark sich geltend macht; nicht zum wenigsten leiden hierunter die oben erwähnten nützlichen Humusbewohner (Bakterien, Regenwürmer usf.) [1].

Es wird die Aufgabe der chemischen, physikalischen und bakteriologischen Forschung sein, die Waldhumus- und Streu-Frage weiter aufzuklären und die Nachteile des Streuentzugs festzustellen. In manchen Fällen genügt hierzu schon die Beobachtung des Bodenzustands und des Bodenüberzugs; so schildert Schwappach [2], daß die Bodenverhärtung schon beim Gehen über die gerechten Buchenstreu-Versuchsflächen bemerkbar sei: die jährlich und alle 2 Jahre berechten Flächen im preuß. Revier Tronecken waren mit Haftmoosen bedeckt, während auf den geschonten oder nur alle 6 Jahre berechten volle Laubdecke vorhanden war — also unzweideutige Anzeichen der Bodenverhagerung. Bei der Schwierigkeit der Vornahme vergleichender Bodenanalysen sollte in der Praxis gerade auf solche biologische Veränderungen im Waldboden geachtet werden. Wenn der Bestand selbst schon nachteilige Folgen der Streunutzung äußerlich erkennbar werden läßt, ist das Unheil zu weit vorangeschritten. Bei den meisten Versuchen hat sich gezeigt, daß nachteilige Bodeneinwirkungen viel früher und viel deutlicher wahrnehmbar waren, als etwaige Folgen für die **Gesundheit und das Wachstum der Bestände**. Und doch kennt man überall die traurigen Bilder durch Streunutzung „devastierter" Bestände: stockendes Wachstum, Verlichtung, kümmerliche, gelblichgrüne Belaubung, Moos- und Flechtenüberzug an Stamm und Aesten, wipfeldürre Kronen, absterbende Stämme. Solche Verhältnisse trifft man besonders in Laubholzbeständen auf an sich armen und flachgründigen Böden bei alljährlicher Nutzung, zum Teil auch bei 2- und mehrjährigem Nutzungs-Turnus. Erhebliche **Zuwachsverluste** sind in Vergleichsflächen nachgewiesen worden:

Schwappach [3]) stellte in den oben genannten Buchenbeständen bei jährlicher Nutzung bis zu 55% Zuwachsminderung während der letzten Beobachtungsperiode fest, 25% im Durchschnitt der Versuchsdauer, bei zweijährigem Turnus etwa die Hälfte, ähnlich bei vierjährigem, während bei sechsjährigem Turnus erst nach längerer Zeit ein Zuwachsverlust eintrat. Auch die Aufnahmen in württembergischen und bayrischen Laubholzbeständen lassen ganz erheblichen Zuwachsrückgang erkennen. Weniger auffällig waren derartige Wachstumsstörungen auf günstigen Böden, so in der sächsischen Buchen-Versuchsfläche „Hohe Buchen", wo sich überhaupt kein Zuwachsverlust nachweisen ließ, in Buchenbeständen I. Bonität des Spessarts (nach 37jähr. Nutzung nur 8%) und in den Mühlenbecker Flächen, von welch letzteren Schwappach bemerkt, daß bei den kräftigen Diluvialböden die nachteiligen Folgen des Streuentzugs sich schwächer und langsamer fühlbar machen; bei längerer Dauer komme aber auch hier eine energische Steigerung der ungünstigen Folgen zur Geltung.

---

1) Vergl. Z. f. F. u. J. 1899, S. 573 (Anzahl und Bedeutung der niederen Organismen im Wald etc.).

2) Z. f. F. u. J. 1892, S. 524.

3) Z. f. F. u. J. 1900, S. 347.

Weniger empfindlich als die Buche hat sich die Fichte erwiesen; Kunze stellte Zuwachsverluste von 0,75—1,05% bei 6maliger Streunutzung innerhalb 10 Jahren fest; Schwappach faßt seine auf diese Holzart bezüglichen Untersuchungen dahin zusammen, daß in Fichtenbeständen besten Standorts sich im mittleren Lebensalter eine Einwirkung des jährlichen Streuentzugs auf das Wachstum auch bei längerer Dauer nicht nachweisen lasse, auf ärmerem, flachgründigem Boden dagegen und in jüngerem Lebensalter wirke die jährliche Streunutzung sehr schnell und höchst beträchtlich. Noch weniger scheint nach Schwappachs und Laspeyres' Untersuchungen die Kiefer zu leiden; nur für jugendliche Bestände stellt ersterer empfindlich schädigende Wirkungen fest; diese Altersunterschiede dürften z. T. wohl auch daher rühren, daß es sich in jüngeren Kiefernbeständen vorwiegend um die Entnahme der Nadelstreu handelt, während in älteren Moos, Gras, Heide mehr beteiligt sind. Traurige Streudenkmale finden sich übrigens auch in Kiefernwaldungen; ein klassischer Zeuge ist der Nürnberger Reichswald.

Es dürfte als müßiges Unternehmen zu bezeichnen sein, wollte man auf Grund solcher Zuwachsverlustzahlen, deren Entstehung nicht durchweg als einwandfrei bezeichnet werden kann, den Wertsschaden berechnen, den man dem Streunutzungsertrag gegenüberzustellen hätte. Sicher genügt doch vom Standpunkt der Nachhaltigkeit aus die Tatsache, daß im Waldboden nachteilige Veränderungen vor sich gehen, schon vollständig, um über den unmäßig betriebenen Streuentzug das Urteil zu sprechen. Wenn auch bei regelmäßiger oder häufiger Streuentnahme im alten Bestand keine Zuwachsverluste nachweisbar sein sollten, so können sich doch später Wachstums- und Verjüngungsstörungen bemerklich machen.

Von Interesse sind auch die chemischen Analysen, welche Schröder[1]) mit Buchenholz von der berechten Vergleichsfläche vorgenommen hat; er fand, daß die Reinasche desselben im Mittel nur 70% im Vergleich zu dem auf der nicht berechten Fläche stockenden Holz betrug, ohne daß Zuwachsverluste nachweisbar waren; auf Grund der chemischen Untersuchung lasse sich voraussehen, daß bei längerer Fortsetzung des Rechens über kurz oder lang ein schädlicher Einfluß auf das Wachstum sich geltend machen werde.

c) Maß und Art der zulässigen Nutzung.

Auf Grund der statischen Erwägungen lassen sich Bedingungen für die Zulässigkeit der Nutzung und Regeln für die Art und Weise der Verwertung aufstellen:

1. Die Laub- u. Nadelstreunutzung sollte unterbleiben bei ungünstigen Standortsverhältnissen, die dem Pflanzenwachstum ohnehin Schwierigkeiten bereiten oder eine tote Bodendecke besonders erwünscht erscheinen lassen, z. B. an steilen und trockenen Hängen, auf flachgründigen und steinrauhen, auf allzu losen und auf streng bindigen Böden. Arme Sandböden sind empfindlicher als Lehmböden, schwere Tonböden bedürfen in besonderem Maß einer lockernden Humusschicht und einer die Feuchtigkeit regulierenden Streudecke, tätige Kalkböden endlich sind ohnehin humusarm und der Verhagerung ausgesetzt. Umgekehrt wäre bei Streuanhäufung, bei beginnender oder schon vorhandener Trockentorfbildung eine einmalige Streuentnahme in Erwägung zu ziehen, sofern nicht durch waldbauliche Mittel (Wühlgrubber) die Nachteile des Rohhumus behoben werden können.

2. Die Nutzung des Laub- und Nadelabfalls sollte im allgemeinen womöglich auf Notjahre beschränkt bleiben und jedenfalls nicht alljährlich, am besten mit Einhaltung eines nicht unter 6 jährigen Turnus vorgenommen werden, unter ungünstigen Verhältnissen jedenfalls möglichst selten erfolgen. Am ehesten können mittelalte Bestände mit lehmigem Boden in ebener Lage geöffnet werden.

3. Als Zeitpunkt für das Einsammeln der Laubstreu ist vom forstwirtschaftlichen Standpunkt aus der Spätsommer oder Herbst am meisten zu empfehlen, d. h. die Zeit unmittelbar vor Beginn oder im ersten Stadium des Laubabfalls; keinenfalls sollte die Nutzung nach Beendigung des Laubabfalls vorgenommen werden, weil

1) Thar. Jahrbuch, Bd. 26, S. 310.

sonst der Boden zu lange unbedeckt bleibt und die Zuführung der leicht lösbaren Nährstoffe aus der Streu dem Boden vorenthalten wird. Besonders gilt diese Regel für die tätigen Kalkböden; je humusreicher der Boden ist, um so eher kann von der Regel abgewichen werden.

4. Beim Streurechen darf nur der unverweste Laub- und Nadelabfall entfernt werden, nicht auch die eigentlichen humosen Schichten; es sollen deshalb nur solche Geräte zugelassen werden, welche für Einhaltung dieser Bedingung Gewähr leisten, d. s. hölzerne Rechen (keine eisernen).

5. Während jede unmäßige Streunutzung als für die Waldwirtschaft bei richtiger Bilanzaufstellung verlustbringend verurteilt werden muß, soll diese Nebennutzung überall da erhoben werden, wo sie der Pflanzenvegetation keinen Vorteil bringt, also — abgesehen von dem nur bedingt eingeräumten Fall der Rohhumusbildung innerhalb Bestands — auf Wegen, Linien, in Gräben usf. Um dem Streubedarf der Bevölkerung entgegenzukommen, wie auch aus Rentabilitätsrücksichten wird der Forstwirt gut daran tun, die nicht bestockten und nur mit unverhältnismäßig hohen Kosten kultivierbaren Flächen innerhalb Walds zur Streuproduktion (Streuwiesen) heranzuziehen und geeignetenfalls für sonstige Streuersatzstoffe, z. B. durch Reisstreuabgabe oder ev. durch Torfstreugewinnung auf den Riedflächen, Sorge zu tragen.

Betreffend die Verwertungsart ist noch zu bemerken, daß entweder freihändige Abgabe (z. B. an Waldarbeiter, Revierinsassen) oder Aufstreichsverkauf (in Notjahren ev. unter beschränkter Konkurrenz), nicht aber die Ausstellung von Erlaubnisscheinen (sog. Einmiete) zu empfehlen ist.

Mit Rücksicht auf Einhaltung der oben angegebenen Regeln wäre es an sich ratsam, die Streu nur in Haufen, nach vorheriger Aufbereitung durch die Waldarbeiter, zu verkaufen. Bei Arbeitermangel sowie im Interesse der Käufer wird aber die Aufbereitung durch den Empfänger häufig nicht zu umgehen sein; die bäuerliche Bevölkerung rechnet ja bei solchen Abgaben die eigene Arbeitsleistung gar nicht oder nur sehr nieder ein. Durch strenge Ueberwachung und entsprechende Verkaufsbedingungen muß mißbräuchlicher Nutzungsüberschreitung vorgebeugt werden.

II. Die Nutzung der Nebenerzeugnisse des Waldbodens.

1. Die pflanzlichen Nebenerzeugnisse.

§ 11. Allgemeines.

Es handelt sich um diejenigen Gewächse, welche der Waldboden neben seiner bestimmungsgemäßen Vegetation hervorbringt. Dabei ist zunächst zu unterscheiden zwischen der von Natur sich einstellenden (durch menschliche Eingriffe allerdings möglicherweise heraufbeschworenen) Begleitflora und andererseits den vom Forstwirt selbst angebauten Gewächsen (Waldfeldbau).

Innerhalb der ersteren Gruppe ergibt sich eine weitere Gliederung nach dem Nutzungszweck, indem jene Nebengewächse teils zur Einstreu, teils als Futterstoffe, teils in sonstiger Weise Verwendung finden. Vorwiegend sind es also Nutzungen zugunsten der Landwirtschaft, von größerem Wert im allgemeinen nur für diejenigen Waldbesitzer, welche die Bedürfnisse der eigenen Landwirtschaft damit befriedigen können; im übrigen liegt ihre Bedeutung mehr auf volkswirtschaftlichem Gebiet als auf privatwirtschaftlichem, und soweit letzteres zutrifft, mehr auf dem Gebiet des Waldbaus als auf dem der Forstbenutzung. Faßt man den Gesamterfolg der Waldwirtschaft ins Auge, so sind diese Nutzungen, wie die im vorigen

Abschnitt besprochenen, vor allem hinsichtlich ihrer Rückwirkung auf das Waldboden- und das Waldbestandeskapital zu prüfen. Dies ist umso wichtiger, als es sich bei den meisten nicht um einzelständige, im allgemeinen ziemlich indifferente Arten handelt, sondern um bestandesbildende; soweit solche eine geschlossene Decke bilden, sind sie, nach Ramann (Bodenkunde 1911, S. 462) „geradezu entscheidend für die Eigenschaft der Böden". Es sind entweder nützliche Begleitpflanzen, deren Entfernung nicht ungestraft erfolgen kann, oder schädliche, mit deren Beseitigung aber das Uebel meist nicht an der Wurzel gefaßt ist; denn häufig sind sie lediglich die Folgen eingetretener Bodenveränderung. Ob einzelne Gewächse schädlich oder nützlich bezw. unter welchen Verhältnissen sie schädlich oder nützlich sind, ist freilich ein noch nicht befriedigend gelöstes biologisches Problem.

Die lebende niedrigwüchsige Bodendecke trägt mit ihren absterbenden Teilen (Wurzeln, Kriechorganen, Blättern usf.) wie die Bäume selbst zur Humusbildung, leider häufig auch zur Trockentorfbildung bei; insofern übt sie ähnliche Wirkungen wie die Laub- und Nadeldecke aus. Daneben entzieht sie aber dem Boden Feuchtigkeit und Nährstoffe, den jungen Pflanzen durch ihr Wachstum Licht und Wärme, kurz, sie tritt in Nahrungs-Konkurrenz mit den Holzpflanzen. Je verschiedener die Existenzbedingungen sind, um so unschädlicher ist i. allg. diese Konkurrenz; andererseits besteht zwischen manchen Pflanzengesellschaften ein gegenseitiges Hilfe- und Schutzverhältnis; in diesem Sinne spricht man von nützlichen Begleitpflanzen.

Entsprechend der oben angegebenen Gliederung ist zunächst die Moos- und die Unkräuterstreu zu besprechen, hernach die Nutzung der Futterstoffe; hierbei ist wieder zu unterscheiden die Nutzung der Futterstoffe durch Menschenhand (Grasnutzung) und diejenige durch die Tiere selbst (Waldweide). Hieran reiht sich die Behandlung der sonstigen pflanzlichen Nebennutzungen (Seegras, Beeren, Pilze u. a.) und zuletzt der Waldfeldbaubetrieb.

§ 12. Die Moosstreunutzung.

Literatur: Die meisten der oben bei § 10 angegebenen Arbeiten (vor allem Ramann, Schwappach, Böhmerle); ferner: Zederbauer: Moose und Flechten in den Versuchsbeständen im großen Föhrenwald (Mitt. d. k. k. forstl. Versuchsanstalt Mariabrunn) C. f. d. g. F. 1906, S. 165; Hamm, Die Moose und die Erhaltung der Waldbodenkräfte, F. Cbl. 1906, S. 611.

Rein naturgeschichtlich: Roth, Die europäischen Laubmoose; Ders., Die Torfmoose (Engelmann, Leipzig 1906).

Vorauszuschicken ist, daß außer zur Einstreu im Stall einzelne Moose auch als Deck- und Ziermittel für gärtnerische Zwecke usf. abgegeben werden; Polytrichum commune findet Verwendung zur Bürstenfabrikation.

Die Moose finden sich in größerer Menge meist nur in Nadelholzbeständen, vor allem unter Fichte und Tanne, im Laubwald läßt unter normalen Verhältnissen der Laubabfall das Moos nicht aufkommen. Es würde zu weit führen, alle wichtigeren Moosarten hier aufzuzählen; am bekanntesten sind von den Laubmoosen i. e. S. Hylocomium splendens, triquetrum, squarrosum, Hypnum Schreberi, purum, cuspidatum u. a., mehrere Polytrichum-Arten, Dicranum scoparium; ferner sind zu nennen die Sphagnaceen oder Torfmoose.

Was nun zunächst den Streuwert der Moose anbelangt, so ist derselbe ein ziemlicher hoher, um so höher, je trockener die Moose in Verwendung gebracht werden können; die triefenden Sumpfmoospolster dürften darum weniger beliebt sein; wegen größerer Ergiebigkeit sind aber die dichteren Moosdecken vorzuziehen. Hinsichtlich Aufsaugungsfähigkeit wie hinsichtlich Stickstoffgehalt ist die Moosstreu im allgemeinen dem Stroh überlegen, an Kali- und Phosphorgehalt steht sie nur wenig zurück, auch ihre Zersetzbarkeit — zwar verschieden bei den einzelnen Arten — ist im großen

und ganzen günstig. Funke taxiert den Streuwert der Moose, verglichen mit Stroh zu $^1/_{1 \cdot 42}$. Der Moosstreuertrag ist am höchsten im Schatten leicht durchbrochener Fichten- und Tannenalthölzer, bei stärkerer Schlußunterbrechung, geht die Moosvegetation zurück; ein höheres Maß von Luft- und Bodenfeuchtigkeit befördert die Moosbildung. Genauere Angaben über die reinen Moosstreuerträge liegen nicht vor, die Moose werden eigentlich nur in Untermengung mit Nadelabfall gewonnen. Bei intensivem Streunutzungsbetrieb ist der Ertrag natürlich wesentlich geringer. Böhmerle z. B. stellt fest, daß in den alle 5 Jahre berechten Flächen die Moosbildung gering sei, kaum über die Streudecke heraussehe. In den Nadelholzbeständen des württemberg. Schwarzwalds fanden sich bei Probeerhebungen ca. 4 500—6 140 kg lufttrockene Moosstreu [1]) (einschl. Nadelabfall) pro ha. Wesentlich größere Mengen ergaben ca. 20 cm starke Hypnumlager in der Lüneburger Heide, über die Albert i. d. Z. f. F. u. J. 1912 S. 2 berichtet: bei radikaler Entfernung der ganzen Moosdecke 85 500 kg Trockensubstanz pro ha. Als Gewicht der lufttrockenen Moosstreu gibt Ebermayer 77—100 kg pro cbm an, bei 20% ca. 104 kg.

Die Frage, ob die Moosdecke im einzelnen Fall als schädlicher oder nützlicher Bodenüberzug zu betrachten ist, dürfte zunächst weniger nach Moosarten als nach den Standortsverhältnissen und nach der Dichte der Moospolster zu beurteilen sein, sowie nach dem Umstand, ob die Moose von Trockentorfschichten unterlagert sind oder nicht; dieselben Moosarten können an einer Stelle als günstige, an andern als ungünstige Bodendecke erscheinen; die meisten Hypnumarten — gemeiniglich als Astmoose bezeichnet — zeigen für gewöhnlich lockere Struktur, einzelne, wie Hypnum Schreberi, kommen aber auch in dichten Polstern und mit Trockentorfbildung vor; die sog. Haftmoose (Polytrichum, Dicranum), vermöge ihrer starken Wurzelhaare an verhärtete Böden mit wechselndem Wassergehalt angepaßt, können auch nicht unbedingt als nützliche oder schädliche Bodenpflanzen bezeichnet werden; dagegen weisen die Torfmoose meist auf beginnende Vertorfung und auf Nährstoffmangel hin; durch ihre schwammartigen, oft beinahe undurchdringlich dichten Polster tragen sie noch weiter zur Bodenentartung, Vermoorung oder Trockentorfbildung bei; solche Böden zeigen in extremem Maß die üblen Folgen der im vorigen Abschnitt besprochenen ungünstigen Humusformen. Was die dichten Moospolster gegenüber den Laub- und Nadelstreuanhäufungen besonders unangenehm macht, ist ihr eigener Wasserbedarf und ihre außerordentlich hohe Wasserkapazität, vermöge deren sie dem unterliegenden Boden und den Pflanzenwurzeln erheblich mehr Feuchtigkeit vorenthalten; sie verdunsten auch viel stärker als die Laubstreu, da sie mehr der Luftbewegung ausgesetzt sind. Dazu kommt als weitere Folge der Wärmeentzug, der in Waldgebieten mit an sich rauhem Klima und hoher Niederschlagsmenge für Bodenzustand und Bestandesverjüngung entschieden nachteilig wirken muß. Für die höheren Lagen des Schwarzwalds wird diesem Umstand die Hauptschuld an dem Versagen der Tannenverjüngung beigemessen [2]); Albert stellt Wärmemangel zwar auch für die dichten Moosdecken der Lüneburger Heide fest, fügt aber bei, die biologischen Vorgänge im Boden hätten darunter nicht gelitten. Von vielen Schriftstellern [3]) wird die ungünstige Einwirkung der dichten Moosdecke auf Boden, Bestandeszuwachs und Bestandesverjüngung als Grund zur Entfer-

1) Nach Mitt. v. Bühler i. d. 2. Aufl. d. Handbuchs.

2) Vergl. Stoll, i. N. Z. f. F. u. L. 1909, S. 279 ff.

3) So von Böhmerle, Z. f. d. g. F. 1906, S. 145, Hamm (a. a. O.), v. Bentheim, Anregungen zur Weiterbildung der Forstwirtschaft und Forstwissenschaft (1901), Eberhard, A. F. u. J. Z. 1908, S. 113, Ramm, Die Zukunft des württ. Schwarzwalds (1911, S. 57), endlich Wagner, Der Blendersaumschlag und sein System 1912, S. 109 ff.

nung der Moosdecke geltend gemacht, und in solchen Fällen die Abgabe des Mooses als Streumittel an die landwirtschaftliche Bevölkerung empfohlen, sei es gegen Geldleistung oder gegen unentgeltliche Uebernahme der Bodenbearbeitung durch die Abnehmer. Anders verhält es sich mit den locker auflagernden Moosschichten; Ramann sagt hierüber (1905 S. 349): „Locker auflagernde Moosschichten bieten dem Boden Schutz gegen die mechanische Gewalt des fallenden Regens, schwächen Temperaturextreme ab, sind leicht durchlässig für Niederschläge und mäßigen die Wasserverdunstung". Die Wirkung solcher Moosdecken ist also dieselbe, wie die günstiger Laub- und Nadeldecken. Albert[1]) konnte auch mit Hilfe von Porenvolumen-Bestimmungen feststellen, „daß durch die radikale Entfernung der Moosdecke ein entschieden ungünstiger Einfluß auf den physikalischen Bodenzustand ausgeübt wurde", wie dies auch schon früher auf Streuversuchsflächen beobachtet worden sei. Er erklärt deshalb die radikale Entfernung selbst der starken Moosdecken für bedenklich. Endlich ist auch zu beachten, daß mit dem Moos dem Boden Wasser und Nährstoffe, namentlich Stickstoff entzogen wird. Neuerdings wird von mehreren Forschern, besonders Möller[2]), die hohe Bedeutung der Rohhumusschichten für die Stickstoffernährung der Holzpflanzen besonders betont.

Bei Vorkommen dichter und von Trockentorf unterlagerter Moospolster sollte man nicht zögern, die oberste lebende Decke zur Nutzung freizugeben, aber nicht ohne noch humose Schichten dem Boden zu belassen und durch gleichzeitige Bodenbearbeitung für Gesundung der Bodenverhältnisse Sorge zu tragen. In solchen Fällen dürfen auch eiserne Rechen zugelassen werden, denn mit hölzernen kann in dichten Haft- und Torfmoosschichten nicht viel ausgerichtet werden.

Zu erwähnen ist noch, daß auch mit Rücksicht auf die Unschädlichmachung mancher im Moos überwinternder Forstschädlinge[3]), vor allem der Kiefernspanner und Eulen, Moosstreunutzung gefordert wurde; es ist aber mit Recht darauf hingewiesen worden, daß durch solche Eingriffe nur dann Erfolge erzielt werden können, wenn die humose Schicht, in der die Puppen größtenteils überwintern, mit entfernt wird; auch fand man, daß nur bei Belassung der Streu die nützlichen Schmarotzerinsekten in der wünschenswerten Menge vorhanden waren.

Die Entfernung lockerer Moosdecken sollte jedenfalls auf Notfälle beschränkt werden. Im großen und ganzen wird man hierfür dieselben Regeln wie bezüglich der Laubstreunutzung aufstellen können. Die Nutzungszeit ist so festzusetzen, daß der Boden in der trockenen Jahreszeit eines schützenden Bodenüberzugs nicht entbehren muß.

§ 13. Die Unkräuterstreunutzung.

Im Gegensatz zur „Rechstreu" (Moos-, Laub-, Nadeldecke) auch als „Mähstreu" bezeichnet, umfaßt diese Gruppe eine Anzahl systematisch verschiedenartiger Gewächse, vor allem die Farne, die Beerkräuter, die Heide und den Besenginster. Farne (namentlich Aspidium), Heidel- und Preißelbeere treten schon im Schatten leicht durchbrochener Bestände auf, während Heide und Besenginster ein üppiges Wachstum erst bei höherem Lichtgenuß, am meisten im Freistand, entfalten.

Hinsichtlich ihres Streuwerts verhalten sich diese Pflanzen sehr verschieden: obenan stehen die Farnkräuter; sie können an Streuwirkung, besonders an Aufsaugungsvermögen, wie auch an Menge und Zersetzbarkeit der organischen Substanz dem Stroh gleichgestellt werden (Funke a. a. O. S. 31); ihr Gehalt an wichtigen Pflanzennährstoffen ist höher als bei den andern Streumitteln; Funke schlägt

---

1) a. a. O.

2) Z. f. F. u. J. 1903, S. 258 f.; diese Fragen wurden auch bei der V. und VI. Hauptversammlung des Deutschen Forstvereins lebhaft besprochen, s. die Berichte 1904, S. 33 ff., 1905 S. 161 ff.

3) Vergl. Bericht über die Eisenacher Forstversammlung S. 33 ff.

deshalb den landwirtschaftlichen Gebrauchswert der Farnkräuter im Vergleich zum Stroh zu 4/3 an; dabei ist natürlich Verwendung in getrocknetem Zustand vorausgesetzt. Geringwertiger als Stroh sind Heide und Beerkräuter, am wenigsten beliebt, aber im Notfall doch auch noch begehrt, ist die grobe Ginsterstreu. Funke berechnet den Streuwert der Heide zu $^1/_{1,84}$, den der Heidelbeeren zu $^1/_{1,70}$ des Strohwerts. Uebrigens bestehen große Unterschiede je nach der Stärke der verwendeten Pflanzenteile; denn je größer der Anteil grober verholzter Sprosse, um so geringer ist das Aufsaugungsvermögen und die Zersetzbarkeit der Streu. Ebenso verschieden ist die Einwirkung der hier zu besprechenden Waldflora auf den Boden; entscheidend ist auch hiebei das Maß der Trockentorfbildung. Ramann befaßt sich (Bodenkunde 1905, S. 351 ff. und 1911, S. 469) eingehend mit dieser Frage. Hiernach können die Farne (vor allem Pteris aquilina, weniger die Aspidium-Arten) im allgemeinen als Bodenschutzpflanzen gelten, immerhin ist Neigung zu Trockentorfbildung vorhanden. Besenginster äußert dem Boden gegenüber keine nachteiligen Eigenschaften, bildet vielmehr einen willkommenen Bodenschutz. Ausgesprochene Rohhumusbildner dagegen sind Heidelbeere, Preißelbeere und Heide. Die absterbenden Kriechtriebe der Heidelbeere gehen unter einem dichten Pflanzenüberzug in Trockentorf über; noch ungünstiger, weil dichter gelagert, ist der Rohhumus der Preißelbeere; am nachteiligsten ist der Heidehumus, der von einem in speckigen Torf übergehenden Wurzelfilz gebildet wird, unter dem die bekannten Bodenerkrankungen, Ortstein usf. auftreten. Wenn meist auch nur Folgeerscheinung vorhandener Mißstände, trägt der Heidetrockentorf doch zur Bodenverschlechterung noch weiter bei.

Vermöge ihres Längenwachstums wirken diese Bodenpflanzen, vor allem Farne und Ginster, weniger die niedrig bleibende Preißelbeere, verdämmend auf die jungen Pflanzen der Schläge und Unterbauungen ein; ihre Schutzwirkung gegen Frost und Hitze fällt meist weniger ins Gewicht als die Wurzelkonkurrenz und die Vorwegnahme von Licht und Niederschlagsfeuchtigkeit [1]).

Die Entfernung dieser Bodenkräuter ist sonach in vielen Fällen durchaus erwünscht und wird zum Teil mit hohen Kosten bewerkstelligt. Wo dies zutrifft, ist es natürlich Aufgabe des Forstwirts, für bestmögliche Verwertung dieser Unkräuter Sorge zu tragen. Im übrigen aber gilt auch hier der Grundsatz, daß den ohnehin armen zur Rohhumusbildung neigenden Waldböden nicht auch die letzte Nährstoffquelle, der Humus, entzogen werden darf, daß vielmehr in erster Linie für dessen Ueberführung in physikalisch günstigere Formen Sorge getragen werden muß. Eine fortgesetzte Heide- und Beerkrautstreu-Nutzung führt allmählich zur gänzlichen Verödung des Bodens. Streng verpönt ist mit Recht auch die Gewinnung von Heideplaggen, bei welcher die ganze Humusschicht als Streu mit genutzt wird.

§ 14. Die Grasnutzung (Futtergras).

Zur Erhöhung der Nebeneinnahmen sowohl als mit Rücksicht auf den Bedarf der ärmeren viehhaltenden Bevölkerung sollte jeder Graswuchs auf Wegen, Abteilungslinien, Böschungen und sonstigen holzlos bleibenden Waldflächen genutzt werden [2]). Bedenken können aber geltend gemacht werden bezüglich der Nutzung des innerhalb der Bestände sich einstellenden Graswuchses. Unter Lichthölzern be-

1) Besonders der Besenginster macht sich in manchen Gegenden als äußerst lästiges Kulturunkraut bemerklich (Runnebaum, Z. f. F. u. J. 1899).

2) Die Grasnutzung auf ständigen Waldwiesen ist als eine selbständige landwirtschaftliche Nutzung hier nicht zu behandeln. Vergl. hierüber Strecker, Die Kultur der Wiesen, 2. Aufl. 1906 bei Parey; ferner König, Die Pflege der Wiesen und Weiden 1906 bei Parey; Dünkelberg, Der Wiesenbau (Braunschweig 1907).

sonders auf tonigen und frischen Böden, sehen wir schon im Stangenholzalter allerhand Gräser sich ansiedeln, auf trockenen Lagen die sog. Angergräser; derselbe Vorgang vollzieht sich bei Durchlöcherung des Bestandesschlusses auch in Schattenholzbeständen; in den Schlägen und Kulturen zeigt sich häufig ein sehr üppiger Graswuchs. Zur Verwendung als Futterstoffe eignen sich am besten die bei vollem Licht erwachsenen breitblätterigen Süß-Gräser frischer, nährstoffreicher Böden; die eigentlichen Angergräser (Agrostis und Festuca-Arten) ebenso wie die Sumpf- und Schilfgräser können als Streumaterial genutzt werden, die letztgenannten bei Vorkommen in größeren Mengen zum Verkauf an Weißputzer. Ueber den Futterwert der Waldgräser fehlen genauere Angaben; derselbe ist nach Standort, Bestand, Jahreswitterung usf. verschieden; nur soviel steht fest, daß in vielen Gegenden die Grasnutzung von der Bevölkerung sehr begehrt ist. Nach Gayer-Mayr (Forstbenutzung) kann günstigenfalls eine Waldgrasproduktion von ca. 700—900 kg Heuwert pro ha gerechnet werden. Noch weitere mittelbare Vorteile bietet diese Nebennutzung durch die rechtzeitige Entfernung des in vielen Beständen lästigen Unkrauts; denn während der Vegetationszeit entzieht ein üppiger Graswuchs den jungen Forstpflanzen Licht, Tau- und Regenfeuchtigkeit und erhöht durch seine lebhafte Verdunstung die Spätfrostgefahr; im Winter bieten die verdorrenden Grasfilze den Mäusen willkommenen Unterschlupf und setzen die kleinen Forstpflanzen dem Erstickungstod aus; im Spätwinter erhöhen sie die Feuersgefahr.

Diesen vorteilhaften Wirkungen der Grasentnahme stehen allerdings auch manche Nachteile entgegen. In einzelnen Lagen schätzt man den Grasüberzug als Schutz gegen die sommerliche Hitze[1]). Außerdem befürchtet man nicht mit Unrecht Beschädigung der Pflanzen bei Ausübung der Nutzung sowie Erschöpfung und physikalische Verschlechterung des Bodens. Das einfachste Mittel zur Behebung aller dieser Bedenken ist die Verhinderung oder wenigstens Beschränkung des Graswuchses durch entsprechende waldbauliche Maßnahmen.

Die Verwertung des Waldgrases erfolgt entweder in der Form der Ausstellung von Erlaubnisscheinen (sog. Einmiete) oder durch Verkauf der Jahresnutzung vor der Ernte (Aufstreichsverkauf oder freihändige Abgabe). Die erstere Verwertungsart wird meist für das Gras in Kulturen, die letztere für den Grasanfall auf Wegen usf. gewählt. Abgabe des schon ausgeschnittenen Grases kommt wohl nur ganz ausnahmsweise vor. Auf Wegen, Schneisen usf. erfolgt die Grasgewinnung durch Abmähen mit der Sense oder Sichel; innerhalb der Kulturen ist der Gebrauch der Sense zu verbieten, höchstens die Sichel zuzulassen, häufig wird auch das Ausrupfen mit der Hand zur Bedingung gemacht. Durch entsprechende Vorschriften ist der Pflanzenbeschädigung (Abschneiden, Zusammentreten usf.) vorzubeugen.

§ 15. Die Waldweidenutzung.

Literatur: Hundeshagen, Waldweide und Waldstreu 1830; Funke (s. v. bei § 10); Iugowiz, Wald und Weide in den Alpen, Wien 1908; ferner forstgeschichtliche Werke und die im einzelnen zitierten Aufsätze.

In weiten Gegenden hat diese Art der Futterstoffnutzung heutzutage nur noch historische Bedeutung, nachdem sie sich infolge der intensiveren Ausgestaltung des landwirtschaftlichen Betriebs überlebt hat. Früher war die Waldweide allgemein üblich, ja meist wichtiger als die Holzproduktion. Bei der Siedelung wurde der Wald zur Gewinnung von Weideflächen durch Feuer zerstört — wie es heute noch in Amerika

---

1) Daß die Unkräuter in dieser Hinsicht sich je nach Standort und Bestandesbeschaffenheit den Kulturpflanzen gegenüber sehr verschieden verhalten, zeigten die Verhandlungen des Deutschen Forstvereins i. J. 1905 über das Thema „Die Folgen der vorjährigen Dürre" (Bericht S. 79 ff).

und sonsten vorkommt —; allmählich hatten sich mit Rücksicht auf die Weidenutzung besondere Waldformen und Betriebsarten herausgebildet, der Plenterwald, der Mittelwald, die Hutewaldungen, die Myteweiden [1]), der Kopfholzbetrieb usf.; auch im Hackwaldbetrieb spielt die Weide eine Rolle. In Gebirgsländern hat sich die Weidenutzung noch erhalten, sie ist aber auch dort durch den freien Entschluß verständiger Grundbesitzer und durch Polizeivorschriften in maßvolle Schranken zurückgedrängt worden [2]). Ueberall besteht das Bestreben, die Waldwirtschaft mit der Weidenutzung auszusöhnen teils durch lokale Gebietsabscheidung, teils durch Bannlegung bestimmter Waldteile während des meistgefährdeten Alters. In solchen Gegenden, die ausschließlich auf Viehzucht ohne Getreidebau angewiesen sind, hat der Forstwirt als „Alpenkultivator" geradezu die Aufgabe, für geregelten und ungestörten Weidebetrieb mit Sorge zu tragen (Lawinenverbauung, Schutzwaldwirtschaft usf.). Anderwärts wird vom Vieheintrieb in die Waldungen nur noch als Notbehelf Gebrauch gemacht, z. B. in Dürrjahren, zugunsten angesiedelter Waldarbeiter, ärmerer Revierinsassen u. dgl. [3]); auch als Berechtigung hat sich der Weidegang noch da und dort erhalten; für Gemeinde- und namentlich Bauernwaldungen spielt diese Nebennutzung unter ärmeren Bodenverhältnissen und parzelliertem Kleinbesitz noch immer eine wichtige Rolle.

Genaue Angaben über den Weideertrag der Waldungen stehen nicht zu Gebot. Die Menge und Nährkraft des Graswuchses ist verschieden nach Standort, Lichtgrad, Jahreszeit und Jahreswitterung. Vergl. (§ 14). Im rauheren Klima drängt sich die Weideausübung auf kurze Zeit zusammen; der Juni gilt im großen ganzen als die beste Weidezeit. Während das Gras im Genuß vollen Sonnenlichts üppiges Wachstum und höchsten Nährgehalt aufzuweisen hat, sind die Triebe im gedämpften Licht (Mytwälder, Lärchen-Bestände) zarter und dem Weidevieh bekömmlicher; auch bietet sich im Bestand Schutz gegen rauhe Winde.

Den Wert der Waldweide drückt Funke (a. a. O. S. 5) aus durch den „Sättigungseffekt", den „relativen" und den „absoluten Nähreffekt". Unter ersterem Begriff versteht er die zur vollen Sättigung eines bestimmten Lebendgewichts in 1 Tag erforderliche Menge Trockensubstanz, bezogen auf mittleres Wiesenheu [4]); Der zweite Begriff bezeichnet die Nahrhaftigkeit eines bestimmten Quantums Weidefutter, verglichen mit derselben Menge Wiesenheu. Funke schätzt sie auf $^2/_3$—$^1/_1$ des Wiesenheus, je nach Lichtgrad usf. Der „absolute Nähreffekt" bildet das Produkt der beiden Vergleichsgrößen. Für die Höhe des Pachtgeldertrags, der meist pro Stück der verschiedenen Viehgattungen und Altersstufen ausgedrückt wird, ist außerdem noch die Entfernung der Weide vom Wirtschaftshof maßgebend.

Um die Bedeutung des Weidegangs für die Waldwirtschaft darzutun, sind die schädigenden Folgen derselben zu besprechen; Schaden richten das Maul und der Tritt des Weideviehs an: während Schafe und erwachsenes Hornvieh im allgemeinen nur bei Nahrungsmangel die Pflanzen angehen, richtet das Jungvieh und noch weit mehr die Ziege durch Verbeißen erheblichen Schaden an; in den Mittelmeerländern ist dem planlosen Weidegang die Entwaldung ganzer Landstriche zu verdanken; vor der Ziege ist keine Holzart, kein noch so steiler oder hoch gelegener

1) Vergl. hierüber Schw. Z. 1907, S. 359.

2) S. Geschichte der Oesterreichischen Forstwirtschaft in der Jubiläumsfestschrift 1898 bis 1902; ferner Cieslars Bericht über schweizerische Alpenländer i. Z. f. d. g. F. 1910, S. 120; Schencks Bericht aus Amerika i. d. Suppl. H. d. A. F. u. J. Z. 1910, S. 131; ebenda S. 119 Vittorios Bericht aus Italien.

3) Vergl. Hagen-Donner (a. a. O.) S. 70.

4) 1,5—2 kg Heu auf 100 kg Lebendgewicht pro Tag.

Waldteil sicher. Am meisten gefährdet sind von den Laubholzarten Esche, Ahorn, Linde, Hainbuche, weniger Eiche, Erle, Birke, von den Nadelhölzern am meisten die Tanne und Lärche. Rindvieh und Pferde schaden ferner durch Umtreten der jungen Pflanzen, durch Wurzelverletzung, was besonders der Fichte verhängnisvoll wird, durch Benagen der Rinde und nicht zuletzt durch Schädigung des Bodens, nämlich durch Abtreten der humosen Schicht am Hang und durch Zerstörung der Krümelstruktur.

Dagegen gewährt der Weidegang dem Wald in manchen Fällen auch gewisse Vorteile, so vor allem durch Beseitigung schädlichen Unkrauts und als Maßregel gegen Mäuseschaden; der Schafeintrieb soll speziell auch gegen den Rüsselkäfer helfen. Der Vollständigkeit halber ist noch zu erwähnen, daß der Schweineeintrieb, (der streng genommen nicht hierher, sondern in den Abschnitt über Samennutzung gehört), neuerdings wieder ganz besonders als Mittel zur Rohhumuslockerung und zur Unterstützung der natürlichen Verjüngung empfohlen wird, auch zur Vernichtung der im Boden überwinternden Eulen-, Spanner- und Blattwesp-Raupen. Nur schade, daß die erforderlichen Schweineherden nicht überall zu haben sind! Als Maßnahme gegen jene Insekten wäre in diesem Zusammenhang auch noch der Eintrieb von Hühnern[1]) in Nadelholzbestände zu erwähnen.

Wo die Waldweide aus volkswirtschaftlichen Gründen oder mit Rücksicht auf die besonderen Interessen des Waldbesitzers oder der Waldbevölkerung nicht zu umgehen ist, sollte sie nur unter solchen Bedingungen zugelassen werden, welche die oben genannten Schädigungen möglichst ausschließen. Die meistgefährdeten Bestände sind zu verbieten und jedenfalls nur solche Kulturen für erwachsenes Hornvieh zu öffnen, die reichlich Gras bieten, und zwar am ehesten noch im Juli, zu welcher Zeit das Gras am nährstoffreichsten ist, die jungen Holztriebe aber nicht mehr besonders begehrenswert sind. An Hängen und bei nassem Wetter (jedenfalls auf strengen Böden) ist der Weidegang zu untersagen. Endlich muß die Höchstzahl des einzutreibenden Weideviehs festgelegt und die Aufstellung zuverlässiger Hirten, womöglich eines besonderen für jede Viehgattung zur Bedingung gemacht werden. Wo der Weidegang im großen üblich ist, empfiehlt es sich, einen besonderen Weidenutzungsplan aufzustellen.

§ 16. **Die Nutzung sonstiger wild wachsender Pflanzen.**

a) Die Seegrasnutzung[2]). Sie verdient gesonderte Besprechung, da sie in einzelnen Gegenden, so namentlich im badischen und württembergischen Oberland, im bayrischen Schwaben und in Oberösterreich eine sehr ergiebige Nebeneinnahme darstellt und der ansässigen Bevölkerung reichlich Arbeit und Verdienst bietet.

Das Seegras (carex brizoides) kommt im allgemeinen nur auf feuchten Böden und in niederschlagsreichen Gebieten vor; in Mittelwaldbeständen und durchlöcherten Fichten-Althölzern stellt es sich mit Vorliebe ein, um dann jahrelang in den Schlägen auszuhalten, bis es allmählich von der jungen Waldgeneration wieder verdrängt wird. Kahlflächenseegras ist an sich ertragsreicher und wertvoller, aber mehr der Vernichtung durch Spätfröste ausgesetzt als das im Schutz des Altholzes stockende. 1 Hektar Altholz- bezw. Kulturfläche vermag je nach Boden- und Bestandesverhältnissen alljährlich 10—75 Ztr. lufttrockenes Seegras hervorzubringen. Bei guter Ernte werden mit Seegrasrupfen, -Trocknen, -Spinnen usf. zahlreiche Arbeitskräfte, meist Kinder und Frauen, beschäftigt. Die Erträge sind zum Teil so hoch, daß die Kulturkosten für Fichtenpflanzungen annähernd gedeckt werden können. Für 1 Ztr. Trockengewicht kann der Käufer etwa 1 Mk. 50 Pfg. bieten. Das Jahreserzeugnis wird meist im Juni auf dem Stock verkauft, wenn sich die Erträge annähernd beurteilen lassen; nasse Sommer

---

1) Vergl. Z. f. F. u. J. 1908, S. 246; ferner Frhr. Spiegel v. u. z. Peckelsheim, Rationelle Geflügelzucht etc. (Neudamm 1909); ders. i. Z. f. F. u. J. 1903, S. 146.

2) Eingehend besprochen von Dr. Rebel und Dr. Gossner in der Nat. Z. f. L. u. F. 1907, S. 249.

können aber den Ertrag noch bedeutend schmälern. Verarbeitet wird das Seegras zu Geflechten aller Art, zu Läufern, Vorlagen, Seilen usf.

Wegen seiner verdämmenden und in besonders hohem Maß froststeigernden Wirkung empfiehlt sich die Entfernung aus den jungen Saat- und Pflanzbeständen; die Nutzung steht insofern mit den waldbaulichen Rücksichten in Einklang. Bei fortgesetzter Seegrasnutzung — und eine solche läßt sich je nach Art der Wirtschaft bis zu 20 ja 30 Jahren in demselben Bestand alljährlich erheben — wird aber doch eine recht erhebliche Menge von Nährstoffen, besonders Kali, dem Boden entzogen; langdauernde Nutzung hat auch Bodenverdichtung und -Verhärtung zur Folge. Es fragt sich, ob hierdurch nicht ein Nachlassen des Holzzuwachses und weitergehende Schädigungen (Rotfäule) veranlaßt werden. Gossner vergleicht die Seegrasnutzung mit der Streuentnahme und berechnet, daß sie bezüglich Nährstoffentzugs einer intensiven Streunutzung gleich zu achten sei. Dabei wird allerdings betont, daß dieses Gewächs überhaupt nur auf guten Böden vorkommt.

Es wird also auch hier der Ausweg zu empfehlen sein, daß man sich die Einnahme aus dieser Nebennutzung zwar nicht entgehen läßt, aber zugleich durch waldbauliche Maßnahmen (natürliche Verjüngung, Kleinflächenwirtschaft mit kurzer Verjüngungsdauer) den Seegraswuchs auf möglichst kurze Zeit einzuschränken versucht.

b) Beeren-[1]) und Pilznutzung.

Die Waldbeeren stellen ein sehr geschätztes, alljährlich in beträchtlichen Mengen zu Markt gebrachtes Nahrungs- und Genußmittel dar. Die wichtigeren und in größeren Mengen nutzbaren Beeren sind die Erdbeere (Fragaria vesca), die Brombeere (Rubus fruticosus), die Himbeere (Rubus idaeus), die Heidel- (Vaccinium myrtillus) und die Preißelbeere (Vaccinium vitis Idaea). Ueber den Wert der Beeren-Ernten sind schon wiederholt Schätzungen angestellt worden, so berechnet der preußische Oberförster Hütterot[2]) den Wert des in preußischen Staatsforsten alljährlich genutzten Beerenanfalls zu 15—33 Millionen Mark; von anderer Seite wird er zu 20 Millionen veranschlagt.

Es sind also recht hohe Werte, die, ohne dem Waldbesitzer einen nennenswerten Gewinn abzuwerfen, alljährlich aus dem Wald bezogen werden. Dabei darf man nicht übersehen, daß diese Erzeugnisse erst durch die Ernte überhaupt einen Tauschwert erlangen. Während aber die unentgeltliche oder doch nur mit ganz niedriger Zettelgebühr belegte Ueberlassung der Beerenernte an die Bevölkerung als Entgegenkommen gegen die „schwachen Schultern" vom Waldbesitzer gedacht ist, kommt sie mehr den kapitalistischen Unternehmern zugute (den Aufkäufern und Händlern scheint ein recht erklecklicher Gewinn zu verbleiben). Es wurde auch darauf aufmerksam gemacht, daß durch die Beerenernte der Landwirtschaft wertvolle Arbeitskräfte zu einer Zeit entzogen werden, wo sie am dringendsten erforderlich sind und für das Allgemeinwohl viel ersprießlichere Dienste leisten könnten. Unter diesen Gesichtspunkten wurden schon verschiedentlich Vorschläge[3]) zur Regelung der Beerennutzung gemacht, die einerseits dem Waldbesitzer einen billigen Anteil an dem Ertrag der Nutzung zusichern, andererseits die Beschäftigung voll arbeitsfähiger Männer mit Beerensammeln hintanzuhalten suchten; es sollen gegen tarifmäßige Gebühren Erlaubnisscheine zum Sammeln im großen und für den Verkauf von den Forstbehörden ausgestellt werden mit der Bedingung, daß nur Kinder, Frauen und Invaliden hiervon Gebrauch machen dürfen. Die Beschränkung der Beerennutzung ist freilich — zumal für den Staat als Waldbesitzer — eine heikle Sache, da im Volksbewußtsein diese frei von der Natur gebotenen Früchte als Gemeingut angesehen werden und vielfach langjährige Ausübung als Rechtsgrund geltend gemacht wird. Aber tatsächlich sind in manchen Verwaltungen ziemlich hohe Gebühren (bis zu 7 Mk. pro Zettel) eingeführt; die Ansetzung von Gebühren dürfte auch schon deshalb gerechtfertigt sein, weil dem Waldbesitzer bei großem Beerenanfall während der Erntezeit durch erhöhte Inanspruchnahme des Schutzpersonals und durch allerhand Forstbeschädigungen Kosten und Nachteile erwachsen. Verhinderung oder Beschränkung des Aufkommens der Beeren durch waldbauliche Maßregeln wäre natürlich wiederum das radikalste Abhilfemittel.

Auch die Nutzung der im Wald vorkommenden eßbaren Pilze hat weniger Bedeutung für den Waldbesitzer selbst als für die umwohnende Bevölkerung. Populäre Schriften[4]) suchen das Verständnis für diese unentgeltlichen und, wenn gut zubereitet, delikaten

1) Unsere Beerengewächse, von Dr. Plüß, 2. Aufl. (Basel-Freiburg 1908).

2) Bericht über die 36. Vers. d. Preuß. F.-V. in Stargard 1908, S. 35 ff.

3) Z. f. F. u. J. 1909, S. 49; 1906, S. 109; D. F.-Z. 1909 S. 31, 1906, S. 336, 1905, S. 488; ferner Bayr. F. u. J. Z. 1909, Nr. 11 (Erhöhung der Gebühren); Verhandlungen des Pommerschen Forstvereins 1901.

4) Dr J. Röll, Unsere eßbaren Pilze in natürlicher Größe mit Angaben ihrer Zubereitung, 7. Aufl. 1908 (bei Laupp in Tübingen); Taschenbuch der wichtigeren eßbaren und giftigen Pilze Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz von P. Sydow (Heidelberg bei Winter); Cleff, Taschenbuch der Pilze (Eßlingen bei Schreiber).

Nahrungsmittel in weiteren Kreisen zu verbreiten. Die bekanntesten und begehrtesten eßbaren Schwämme sind Champignon (Agaricus deliciosus) und Steinpilz (Boletus edulis); in der forstlichen Literatur[1]) finden sich weiterhin Berichte über die künstliche Aufzucht noch anderer guter Speisepilze, so der Nußkraterelle (Craterellus nucleatus) und des Rustenschwammes (Pleurotus cornucopioides); Mayr versuchte die Einbürgerung eines in Japan sehr beliebten Pilzes, des Schitake; auch die Speisemorcheln sind noch zu nennen. Gegenstand gewerbsmäßiger Züchtung und kaufmännischer Verwertung seitens des Waldbesitzers sind endlich in einzelnen Laubholzgebieten (Pfalz, Baden, Braunschweig, Elsaß-Lothringen, vor allem aber in Frankreich), die Trüffeln, deren wertvollste Art, der Perigord-Trüffel (Tuber melanosporum) aus Frankreich stammt. Die Trüffelzucht erfolgt durch künstliche Wurzelinfektion; beim Aufsuchen bedient man sich abgerichteter Hunde und Schweine. Bei dem hohen Preis dieser Delikatesse lohnt es sich, im milden Klima Versuche damit anzustellen[2]).

Die übrigen Pilze werden meist der freien Aneignung überlassen; gegenüber gewerbsmäßigen Sammlern könnten ähnliche Maßnahmen wie bei der Beerennutzung in Frage kommen.

Endlich ist der Vollständigkeit halber noch zu erwähnen das Sammeln offizineller Kräuter und die Abgabe seltener Pflanzen (z. B. Orchideen, Stechpalmen etc.) an Gärtner und Pflanzenzüchter gegen Entrichtung einer angemessenen Gebühr.

§ 17. Der Waldfeldbau.

Literatur: Cotta, Die Verbindung des Feldbaus mit dem Waldbau; Hundeshagen, Prüfung der Cottaschen Baumfeldwirtschaft; v. Klipstein, Der Waldfeldbau 1850; Bernhardt, Haubergswirtschaft im Kreise Siegen 1867; Strohecker, Die Hackwaldwirtschaft 1867; Vogelmann, Die Reutberge des Schwarzwalds 1871; Müller, Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Hauberge im Dillkreise (Z. f. F. u. J. 1905, S. 96).

Wessely, Die österreichischen Alpenländer und ihre Forste; mehrere Aufsätze von Muhl (A. F. u. J. Z. 1869, S. 121, 1875 S. 369; Referat bei der Forstversammlung zu Darmstadt 1886, A. F. u. J. Z. 1886, S. 365). Besonders ausführlich in Heyers Waldbau, 4. und 5. Aufl. Forstversammlungen in Biberach 1884, Wolfach 1898, Herborn 1901, früher in Potsdam 1839, Brünn 1840, Darmstadt 1845, Freiburg 1846, Mainz 1849, Stuttgart 1855, Heidelberg 1860.

Zur Orientierung über rein landwirtschaftstechnische Fragen kann verwiesen werden auf Schlipf, Populäres Handbuch der Landwirtschaft, 15. Aufl. (1905); Probst, Handbuch der gesamten Landwirtschaft; Steinbrück, Handbuch der gesamten Landwirtschaft.

Unter „Waldfeldbau" versteht man die planmäßige Erzeugung und Nutzung landwirtschaftlicher Gewächse, vor allem Kartoffeln und Halmfrüchte, auf der Holzbodenfläche entweder zwischen den Forstpflanzen (Anbau zugleich mit diesen) oder auf der kahlen Waldfläche bei kurzer Unterbrechung der Waldkultur unmittelbar nach Abtrieb des Bestandes. Ein wesentliches Merkmal des Waldfeldbaus war von Haus aus das sog. Hainen, d. i. die Verbrennung des zurückbleibenden Reisigs und Unkrauts und Vermischung der Asche mit dem Boden; erst der sog. „neuere Waldfeldbaubetrieb" (n. Heyers Bezeichnung), der von Hessen ausging, hat von dieser Maßnahme Abstand genommen.

Die Geschichte dieser Nebennutzung wird meist an die ursprüngliche Brandkultur angeknüpft, an die sog. „wilde Brand- und Feldwaldwirtschaft", die sich als Uebergangsstufe vom Hirten- und Nomadenleben zum geregelten Ackerbau in der Siedelungsgeschichte fast aller Länder und Erdteile darstellt. Zur Begründung dieses Zusammenhangs weist man mit Recht auf Worte wie „Motten", „Reutfeld" u. ä. hin, die sowohl im Sprachgebrauch des Waldfeldbaues wie in Geländenamen für alte Rodungen vorkommen. Mag sein, daß der geregelte Waldfeldbetrieb, so wie er heutzutage in einzelnen Gegenden (Siegener Land, Odenwald, Schwarzwald u. a. a. O.) in Uebung steht, unmittelbar bis auf jene niederste Stufe der Agrarwirtschaft zurückreicht. Achenbach[3]) wenigstens glaubt in der Haubergswirtschaft des Siegener Lands das unmittelbar durch ständigen Gebrauch überkommene Erbe germanischer Vorzeit zu sehen. Vielfach aber wird es als ein bewußter oder unbewußter Rückfall in alte Gebräuche unter dem Druck ungünstiger Wirtschaftsverhältnisse anzusehen sein. Während der Haubergsbetrieb schon Ende des 15. Jahrhunderts durchaus ge-

1) Vergl. Janka, C. f. d. g. F. 1909, S. 415.
2) Vergl. Bericht d. Thür. F.-V. 1905, ferner Aufs. v. Villi. Nat. Z. f. F. u. L. 1912, S. 321 ff.
3) Die Haubergs-Genossenschaften des Sieger-Lands, 1863.

regelt in genossenschaftlicher Verfassung betrieben wurde, mußten manche Forstordnungen des 16., 17., ja 18. Jahrhunderts noch gegen den Unfug wilden Raubbaus auf gerodeter Fläche sich wenden, da es vorkam, „daß einige das Land, wenn sie es einige Jahre gebaut und die Geilung herausgezogen haben, wieder liegen lassen“ [1]. Daß eine planmäßige, durch gesetzliche Vorschriften oder forsttechnische Anweisungen geregelte vorübergehende landwirtschaftliche Benutzung des Waldbodens im 18. Jahrhundert vielfach geübt wurde, geht aus zahlreichen geschichtlichen Ueberlieferungen [2]) hervor; als Entgelt war ein Geldzins oder ein Zehnten zu entrichten, vielfach war auch die Wiederaufforstung von dem Pächter zu besorgen. Dabei trat auch schon der Gesichtspunkt hervor, daß die landwirtschaftliche Vornutzung eine Förderung der Waldkultur, eine leichte, sichere und wohlfeile Art der Wiederbestokkung zu bedeuten habe. Im Vordergrund des Interesses stand aber die Deckung des Bedarfs an Nahrungsmitteln, wofür die beschränkte Feldmarkung in manchen Waldgebirgsgegenden häufig nicht ausreichte. Im 19. Jahrhundert kam der Waldfeldbau in größerem Umfang zur Einführung, und zwar speziell als Waldkulturmittel, besonders auch in solchen Gegenden, wo eine zahlreiche Bevölkerung mit nur geringem Grundbesitz vorhanden war. Es dürfte übrigens keine zufällige Erscheinung sein, daß der Waldfeldbau etwa zugleich mit dem Umsichgreifen des Kahlschlagbetriebs in weiteren Kreisen Eingang gefunden hat. Verständige Forstwirte wollten mit dem landwirtschaftlichen Vor- und Zwischenbau wohl in erster Linie den besonderen Nachteilen jener Betriebsart begegnen, vor allem der für die verhältnismäßig armen Waldböden so schädlichen Brache. Die Bedeutung, welche dem Waldfeldbau im 19. Jahrhundert zukam, geht aus den folgenden Zahlen hervor:

Muhl schätzte im Jahre 1886 allein die durch Waldfeldbetrieb in Bestockung gebrachten Hochwaldflächen zu 30 000 ha [3]). Daneben stand diese Wirtschaftsform in Verbindung mit dem Niederwaldbetrieb auf einer Waldfläche von ca. 50 000 ha [4]) im Siegener-Land als Haubergswirtschaft, auf 58 000 [5]) ha sog. Reutbergen in Baden, und auf ca. 25 000 ha [6]) Hackwald im Odenwald in Uebung. Die Reichsstatistik [7]) von 1883, 1893 und 1900 gibt als Waldfelder-Fläche an: 18 981 bezw. 21 468 bezw. 9861 ha; diese Zahlen sind aber wegen ungleicher Aufnahmegrundsätze nicht vergleichbar.

Aus dem bisher Gesagten geht schon hervor, daß der Waldfeldbau allmählich verschiedenartige Ausprägungen erhalten hatte, je nachdem er im Niederwald oder Hochwald (Röderlandbetrieb), als Vor- oder Zwischennutzung, mit oder ohne Hainen betrieben wurde; daneben kamen Zwischenformen vor, z. B. Vor- und Zwischenbau; eine weitere Verschiedenheit ergab sich durch die Art der angebauten Gewächse, die Reihenfolge und Dauer des Anbaus. Vom mehrjährigen Anbau kam man mehr und mehr wieder ab und ging zum 2-, ja zuletzt 1jährigen Betrieb über. Neben dieser zeitlichen Einschränkung hat der Waldfeldbaubetrieb neuerdings vielfach gänzliche Einstellung erfahren; der Mangel an Arbeitskräften auf dem Land, der schon die Bebauung der Felder erschwert, hat ihm bedeutenden Abbruch getan, und in den forstwirtschaftlichen Kreisen ist die einst vorhandene Begeisterung für diese Betriebsform allmählich verraucht.

---

1) Moser, Forstökonomie, 2. Teil, Beilagen S. 108.

2) Eidgenössische Abschiede 7,1, 7,2; Stahls Forstmagazin 4, 119; Burgsdorf, Forsthandbuch 1788, S. 543; Speidel, A. F. u. J. Z. 1888, S. 277.

3) A. F. u. J. Z. 1886, S. 310.

4) Hagen-Donner, Die forstl. Verhältnisse Preußens, S. 27.

5) Das Großherzogtum Baden, S. 416.

6) Mitt. a. d. Forst- u. Kam.-Verw. d. Großherzogtums Hessen 1886, S. 310.

7) Monatshefte d. Stat. d. D. R. 1884 Heft VIII, Vierteljahrshefte 1894, 4. Heft, Vierteljahrshefte Ergänzungsheft zu 1903, II.

Auch der Hackwald- und Haubergsbetrieb hat, zunächst infolge des Fiaskos der Eichenschälwaldwirtschaft, teilweise auch infolge Vermagerung der Waldböden an Gelände verloren. Endlich dürfte die rückläufige Bewegung, in der sich heutzutage die Kahlschlagwirtschaft befindet, diesen Wandel der Dinge bis zu einem gewissen Grad mit veranlaßt haben [1]). Dafür ist die landwirtschaftliche Zwischennutzung als sozialpolitische Maßnahme in das Programm der Waldarbeiterfrage aufgenommen worden; zur Erhaltung und Ansiedelung ständiger Waldarbeiter in großen, zusammenhängenden Waldgebieten soll Gelegenheit zum Anbau von Kartoffeln und Getreide gegeben werden; dieser sehr beachtenswerte Vorschlag dürfte aber im allgemeinen zweckmäßiger durch Ausstockung geeigneter Waldflächen zu betätigen sein. Dagegen öffnet sich dem landwirtschaftlichen Vor- und Zwischenbau ein weites Feld im Gebiet der Heide-, Ried- und Oedlandaufforstung, wo er — vorausgesetzt, daß Arbeitskräfte zur Verfügung stehen und die Ernteerzeugnisse nicht mit zu hohen Beifuhrkosten belastet werden — in Verbindung mit Bodenbearbeitung und Düngung als wertvolle Bestockungshilfe und als Gelegenheit zur Erleichterung des Kulturaufwands schätzbare Dienste zu leisten verspricht. Mustergültig sind in dieser Hinsicht die Aufforstungsversuche in der belgischen Kampine [2]).

Aus den bisherigen Ausführungen erhellt, daß der Waldfeldbau nicht eigentlich mehr als forstliche Nebennutzung, vielmehr fast ausschließlich als Kulturmaßregel, empfohlen werden kann, abgesehen von örtlichen Gebräuchen, welche auf einer engen Verbindung von Feld- und Waldwirtschaft beruhen, wie z. B. bei der Siegener Haubergswirtschaft. Die Erträge des Waldfeldbaus sind ohnehin vielfach ganz oder zum überwiegenden Teil als Holzerträge anzusehen, wenigstens dort, wo mit dem Waldfeldpacht die Stockholznutzung verbunden ist [3]); im württembergischen Oberschwaben geht der Pachtertrag in manchen Waldteilen überhaupt nicht, im großen Durchschnitt nur sehr wenig über den Wert des Stockholzes hinaus; in geringeren und weiter abgelegenen Waldteilen zeigen sich kaum Liebhaber zur Uebernahme der Waldfeldlose [4]). Der Bodenpacht bezw. die Entschädigung für den Entgang an Jahreszuwachs ist somit sehr knapp bemessen, es müssen also wohl waldbauliche Rücksichten zur Beibehaltung maßgebend sein. Speziell die Kartoffelerträge sollen zwar weder an Menge noch an Güte den auf Ackerland gebauten nachstehen, auch die Halmfruchternte wird bei nur 1—2jähr. Nutzung den Felderträgen annähernd gleich geschätzt. Neuere Geld-Ertragsangaben [5]) stehen nur in beschränktem Umfang zu Gebot und die älteren sind für heutige Lohn- und Preisverhältnisse nicht mehr zutreffend.

Es erübrigt noch, die Einwirkung des Waldfeldbaus auf den Bodenzustand und das Bestandeswachstum kurz zu erörtern. Daß dem Waldboden durch die Ernten erhebliche Nährstoffmengen entzogen werden, läßt sich durch die Aschenanalysen nachweisen. Diese Tatsache ist aber an sich noch ziemlich belanglos, wenn man bedenkt, daß die jungen Waldpflanzen dieselben bezw. (an Kalk) noch mehr Nährstoffmengen dem Boden entziehen. Der möglichen Beraubung des Bodens steht entgegen die physikalische Besserung des Obergrunds durch das Hacken oder die sonstige

---

1) Selbst in Hessen, dem ehemaligen Dorado des Waldfeldbaus, ist man in letzter Zeit mehr und mehr davon abgekommen (vergl. Heyer, Waldbau, 5. Aufl. v. Heß).

2) Vergl. die Ausführungen Martins im F. Cbl. 1906, S. 287 ff.; ferner Jentsch (F. Cbl. 1901, S. 225); Lent (D. F. Z. 1902, Bd. 17).

3) Vergl. Köhler, A. F. u. J. Z. 1898, S. 117.

4) Nach diesbezüglichen privaten Mitteilungen und eigener Erfahrung.

5) Vergl. Heyer a. a. O.

Bodenbearbeitung vor dem landwirtschaftlichen Anbau. Hierdurch wird eine Vermischung der Humusstoffe mit dem mineralischen Boden, eine Steigerung der Wasserkapazität infolge verringerter Kapillarverdunstung und als weitere Folge bessere Aufschließung vorher unlöslicher Verbindungen im Boden (mit Ausnahme der Phosphorsäure) veranlaßt. Außerdem ist zu bedenken, daß an Stelle der landwirtschaftlichen Gewächse inzwischen auch die Unkräuter dem Boden Nährstoffe entzogen und Niederschlagsfeuchtigkeit vorenthalten hätten. Ramann[1]) kommt auf Grund spezieller Untersuchungen zu dem Schluß, daß bei besseren Bodenarten eine Erschöpfung nicht anzunehmen sei, d. h. auf solchen, die unter natürlichen Verhältnissen reichlich saftige Gräser tragen. Wenn im Niederwaldbetrieb bei zu häufig wiederkehrender landwirtschaftlicher Benutzung einzelne Flächen in ihrem Ertrag geschädigt worden seien, so schließe das den Wert des landwirtschaftlichen Zwischenbaus für viele forstliche Kulturzwecke nicht aus. Die Beschränkung des Waldfeldbaus auf bessere Böden wird im allgemeinen als Grundsatz von den Forstverwaltungen aufgestellt[2]). Aus Furcht vor Bodenerschöpfung haben sich schon viele Forstwirte — allerdings ohne genaue Bodenuntersuchungen angestellt zu haben — der landwirtschaftlichen Zwischennutzung gegenüber überhaupt ablehnend verhalten; Köhler macht vor allem auch auf physikalische Schädigungen aufmerksam, die nach seinen Erfahrungen sonst gute Waldböden bei 2maliger Benutzung erlitten haben, auf die Zerstörung der Krümelstruktur infolge der meist ungenügenden Bodenbearbeitung zumal beim Anbau von Körnerfrüchten. In der neuesten Auflage des Heyerschen Waldbaus ferner wird auf vergleichende Düngungsversuche Bezug genommen, welche 1893—1900 in hessischen Waldfeldern vorgenommen worden seien; daraus habe man die Ueberzeugung gewonnen, daß der Holzboden durch den Anbau von Feldfrüchten, insbesondere durch mehrjährigen, in vielen Fällen zu sehr erschöpft werde. Gleichzeitig wird aber aus der Oberförsterei Eberstadt berichtet, daß selbst auf den dortigen geringen Sandböden das Wachstum der Holzpflanzen bei einmaligem Kartoffelbau nicht beeinträchtigt wurde. Alle Bedenken hinsichtlich Bodenerschöpfung werden natürlich zerstreut, wenn beim Waldfeldbaubetrieb ein zweckmäßiger Dünger zur Anwendung gelangt (Lupine und Mineraldünger)[3]). Es wird sich aber fragen, ob der Betrieb dann noch lohnend ist. Von den Gegnern des Waldfeldbaus wird auch das Eintreffen der sonst geltend gemachten Vorteile, vor allem des Schutzes der Kultur gegen Unkraut, in Abrede gezogen, vielmehr sogar die Zunahme mancher Forstschädigungen festgestellt, so des Barfrosts, der Engerlingsplage, der Rotfäule usf. Eine Schutzwirkung für die jungen Pflanzen kann überhaupt nur dem Zwischenbau zugut geschrieben werden[4]) (z. B. die Haferschutzsaaten). In trockenen Sommern wird der Schutz gegen Hitze durch den Wasserentzug der Halmfrucht mehr als ausgeglichen.

Ueber den Einfluß des Waldfeldbaubetriebs auf das Bestandeswachstum liegen keine wissenschaftlich einwandfreien Messungen vor; man konnte günstige Zuwachsverhältnisse auf ehemaligen Waldfeldern feststellen, aber vollgültige Beweise für Wuchsförderung sind nicht erbracht worden, ebensowenig für gegen-

1) Z. f. F. u. J. 1890, S. 655 (Chemisch-physikalische Untersuchungen über Waldfeldbau).

2) Vergl. die Ausführungen in Hagen-Donner S. 70 ff.; auch für die österreichischen Staatswaldungen gilt dieser Grundsatz (s. Geschichte der österreich. Forstwirtschaft, Festschrift 1898 bis 1902).

3) Vergl. Martin a. a. O. und Lent a. a. O.

4) Vergl. Naumann, Ueber den Anbau des Waldkorns (Johannisstaudenroggen), das zugleich als Schutzsaat und als Aesungsgelegenheit fürs Wild gedacht ist (Thar. f. J. 1905, S. 130); ferner Schüpfer im F. Cbl. 1908, S. 259 über „die Haferschutzsaaten als Pflanzenaufzuchtstätten“.

teilige Einwirkungen, wenngleich solche in manchen Fällen vermutet werden können.

Vom waldbaulichen Standpunkt ist gegen den Waldfeldbau mit Recht auch geltend gemacht worden, daß er der ganzen Wirtschaft eine gewisse Unfreiheit auferlege, sie an einzelne Holzarten (Fichte, Eiche, Kiefer) binde und der Erziehung von Mischbeständen entgegenstehe. Wer das Kleinflächenprinzip vertritt und die Bestandesverjüngung unter dem Schutz des Altholzes grundsätzlich durchgeführt wissen will, muß den Waldfeldbau als lästige Nebennutzung über Bord werfen, bezw. er braucht sich dieses Notbehelfs gar nicht zu bedienen. In einzelnen Fällen, so namentlich zur Durchführung der oben angedeuteten Kulturaufgaben, wird diese Betriebsform immerhin noch mit Vorteil zur Anwendung gelangen können.

2. Mineralische Nebennutzungen.

§ 18. Wo der Waldboden technisch wertvolle Steine und Erden birgt, die durch Tagbau gewonnen werden können, ist der forstwirtschaftliche Betrieb nicht mehr die rentabelste Art der Bodenbenutzung, zumal auf solchen Böden meist nur geringe Bestände stocken. Nur die Rücksicht auf die landschaftliche und allgemein volkswirtschaftliche Bedeutung der Wälder wird in einzelnen Fällen gegen den Abbau geltend gemacht werden können. Die Gewinnung von Steinen und Erden im großen — z. B. Bausteine, Pflastersteine, Schiefer, Kies, Zementmergel, Sand, Lehm u. a. — kann aber nicht mehr als forstliche Nebennutzung bezeichnet werden. Das sind selbständige gewerbliche Betriebe, auch wenn der betreffende Grund und Boden einer Forstverwaltung gehört. Immerhin werden derartige Nutzungsgegenstände auch im kleinen, innerhalb des forstlichen Betriebs und ohne flächenweise Ausscheidung eines Steinbruchs, einer Kiesgrube u. dergl. gewonnen. Zu erwähnen ist der Verkauf von Granitblöcken, von Sandsteinquadern, von großen Findlingen, wie sie sich da und dort in der diluvialen Formation vorfinden; ferner kommen Kalksteine von Schutt- und Geröllhalden, Silbersand, Formsand, Töpferlehm, Grobkies für Wegbeschotterung u. ä. zur Verwertung. Soweit solche Nutzungen ohne Beeinträchtigung des forstlichen Betriebs und ohne Schädigung der Waldkultur sich erheben lassen, wird nichts dagegen einzuwenden sein. Die Abgabe erfolgt entweder gegen Entrichtung bestimmter, nach Maßen festgesetzter Preise (cbm, Fuhren usf.) oder im Weg der Verpachtung auf bestimmte Zeit, wobei dann natürlich genaue Bestimmungen über den Umfang der Nutzungen in den Pachtvertrag aufzunehmen sind.

Der T o r f n u t z u n g ist eine besondere Abhandlung in diesem Handbuch gewidmet; als forstliche Nebennutzung im eigentlichen Sinn kommt sie ja kaum in Betracht, vielmehr ist sie auch Gegenstand eines selbständigen Betriebs, oder steht mit der Waldwirtschaft höchstens insoweit direkt in Verbindung, als sie der Riedaufforstung vorangeht.

IX.

Die Forstbenutzung.

D. Forstlich-Chemische Technologie.

Von

Franz Schwackhöfer.

Für die 3. Auflage bearbeitet von J. Schmidt.

I. Die chemische Zusammensetzung des Holzes, der Rinde und des Korkes, sowie der Gallen.

a) Holz.

§ 1. Chemischer Bestand. Das frische, sogenannte „grüne" Holz, besteht aus der Holzfaser (Holzskelett) und aus dem Safte.

Die Holzfaser, welche die Wandungen der Zellen und Gefäße bildet, wird aus Zellulose aufgebaut, welche kurz nach erfolgter Bildung eine Veränderung erfährt, die man als Verholzung bezeichnet. Die reine Zellulose besteht aus:

44,44 % Kohlenstoff
6,17 % Wasserstoff und
49,39 % Sauerstoff, woraus sich die empirische Formel $C_6H_{10}O_5$ ergibt. Das verholzte Gewebe ist dagegen kohlenstoffreicher und sauerstoffärmer als die Zellulose und enthält überdies noch Stickstoff und Mineralbestandteile.

Die Elementar-Zusammensetzung der Holz-Trockensubstanz schwankt zwischen:

49,5 und 51,5 % Kohlenstoff
6,0 und 6,8 % Wasserstoff
42,0 und 44,0 % Sauerstoff
0,1 bis 0,3 % Stickstoff und
0,1 bis 1,0 % Asche.

Man hat sich bisher vorgestellt, daß die Zellulose als solche unverändert erhalten bleibt und nur von einer kohlenstoffreicheren Substanz eingehüllt und durchdrungen wird, welch letztere daher auch inkrustierende Substanz oder Lignin genannt wurde. Neuere Untersuchungen haben jedoch ergeben, daß in der verholzten Zell-

wand mehrere Kohlenhydrate vom Charakter der Zellulose vorhanden sind, welche sich durch ihr Verhalten gegen verdünnte Mineralsäuren, Aetzalkalien und oxydierende Agenzien voneinander unterscheiden. Die widerstandsfähigste ist die Dextroso-Zellulose (oder eigentliche Zellulose); die am wenigsten widerstandsfähigen sind die Hemizellulosen. Dazwischen steht eine Reihe anderer, die man als Mannoso-Galaktoso usw. -Zellulose bezeichnet, je nachdem sie bei der Hydrolisierung durch verdünnte Mineralsäuren Dextrose, Mannose oder Galaktose usw. liefern. Ob diesen verschiedenen Zellulosen ein höherer Kohlenstoffgehalt zukommt als der eigentlichen Zellulose, ist allerdings nicht erwiesen.

Neben den Zellulosen findet sich in den verholzten Geweben noch ein anderer Teil, den man auch heute noch als L i g n i n bezeichnet. Man nimmt an, daß die Ligninstoffe mit den Zellulosen zu ätherartigen Verbindungen vereinigt sind und nennt diese Ligno-Zellulosen.

Lignin dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach ein variables Gemenge von verschiedenen, bisher nicht näher gekannten Körpern sein. Es gibt eine Reihe charakteristischer Reaktionen, welche dazu benutzt werden, um verholzte Gewebe zu erkennen. Die gebräuchlichste ist die Wiesnersche Phloroglucin-Reaktion. Eine salzsaure Lösung von Phloroglucin färbt verholzte Gewebe violettrot. Ferner färbt bei Gegenwart von Salzsäure: Phenol blaugrün, Naphtol grün, Pyrrhol rot usw.

Nach der Zellulose-Bestimmungsmethode von Fr. Schulze besteht die Holztrockensubstanz der Waldbäume aus: 47 bis 62 % Zellulose und 38 bis 52 % Lignin.

Diese Zahlen sind aber nur als Näherungswerte anzusehen, weil nach den Untersuchungen Renkers [1]) die Schulze-Hennebergsche Methode sowohl wie auch alle übrigen zu diesem Zwecke vorgeschlagenen Methoden und Reagenzien entweder die eigentliche Zellulose-Substanz mehr oder minder stark angreifen oder überhaupt nicht imstande sind, reine, ligninfreie Zellulose aus den stärker verholzten Pflanzenfasern zu liefern.

Bezüglich der Methoden der Zellulose-Bestimmung sei hier nur kurz erwähnt, daß sie sich prinzipiell in zwei Gruppen teilen lassen, und zwar in solche, welche mittelst hydrolytisch oder oxydierend wirkender Agenzien die Begleitsubstanzen der Zellulose in lösliche Formen überführen und solche, welche von der Löslichkeit der Zellulose in gewissen Reagenzien Gebrauch machen.

Die Zellulose findet sich rein in der Natur überhaupt nicht. Relativ am reinsten erscheint sie im Flughaar der Baumwollfrüchte, im Mark gewisser Pflanzen, sowie in den jüngeren Zellen der höheren Pflanzen überhaupt. Bei fortschreitendem Wachstum tritt bei diesen letzteren allmählich jener Prozeß ein, den man — wie schon erwähnt — als Verholzung oder Verkorkung oder Kutikularisierung bezeichnet. Der Verholzungsprozeß ist regelmäßig schon vor Eintritt des Winters durch den ganzen neuen Jahresring abgeschlossen. Bei einzelnen Holzarten, bezüglich deren dies nicht der Fall ist, bleibt die Zellwand auch im späteren Alter nur unvollständig verholzt.

Die Zellulose ist in reinem Zustande weiß, seidenartig glänzend, durchscheinend, geruch- und geschmacklos, hygroskopisch und hat eine Dichte von 1,52. Sie besitzt noch die Form des Pflanzenteiles, aus welchem sie isoliert wurde. Die Zellulose ist in keinem bisher bekannten Agens ohne Zersetzung löslich; in Kupferoxyd-Ammoniak quillt sie so stark auf, daß eine scheinbare Lösung entsteht. Aus dieser wird sie durch Zusatz von Säuren, Salzen und selbst schon durch starke Verdünnung mit Wasser als strukturlose, flockige oder fadenähnliche Masse gefällt. Die Lösung erfolgt leichter und rascher, wenn man die Zellulose vorher mit konzentrierter kalter Natronlauge behandelt. Aehnlich wie Kupferoxyd-Ammoniak verhält sich auch Chlorzink, nur ist dessen Lösungsvermögen ein geringeres.

Jod färbt die Zellulose gelb bis braun. Wird dieselbe mit Jodlösung getränkt

---

1) Renker, Ueber Bestimmungsmethoden der Zellulose, Berlin 1910.

und sodann konzentrierte Schwefelsäure zugegeben, so tritt Blaufärbung ein; desgleichen wenn man Zellulose mit Chlorzinkjod-Lösung betupft. Diese Reaktionen werden zum Nachweis der Zellulose benützt.

Als Hydrat-Zellulosen bezeichnet man Abkömmlinge der Zellulose, welche sich von dieser nur durch ihre größere Hygroskopizität unterscheiden. Schwalbe [1]) teilt sie nach der Bildungs- oder Darstellungsweise in folgende Gruppen:

1. Bildung durch mechanische Zerkleinerung bei Gegenwart von Wasser oder durch Trocknung gebleichter Zellulose; im Vegetationsprozeß.

2. Bildung durch Einwirkung von Salzlösungen, Alkalien oder Säuren.

3. Bildung durch Ausscheidung aus Lösungsmitteln oder Estern.

In allen ihren Eigenschaften sind diese Hydratzellulosen noch nicht vollkommen erforscht und charakterisiert.

Hydrozellulosen bilden sich durch die Einwirkung von Säuren verschiedenster Konzentration, von Säuredämpfen, von sauren und neutralen Salzen und beim Erhitzen der Zellulose. Diese wird dabei hydrolisiert zu einem Produkt, das die Zusammensetzung C_{12} H_{22} O_{11}, also die Aufnahme eines Moleküls Wasser, zeigt. Je nach den Darstellungsbedingungen gibt die Zellulose verschiedene Hydrolisierungsstufen. In reinem Zustande bildet die Hydrozellulose ein weißes, leicht zerreibliches Pulver von geringer Hygroskopizität. Gegen kalte verdünnte Säuren und Alkalien ist Hydrozellulose sehr beständig; kalte konzentrierte Säuren aber lösen sie, während konzentrierte Alkalilaugen, auch beim Kochen, nur von schwacher Wirkung sind. Hydrozellulose mit Essigsäureanhydrid und wenig konzentrierter Schwefelsäure versetzt löst sich momentan unter heftiger Reaktion; beim Verdünnen mit Wasser fällt das gebildete Acetat in Form von Flocken aus. Mit Jodjodkalilösung sowie Chlorzinkjodlösung gibt Hydrozellulose Blaufärbung und reduziert Fehlingsche Lösung; in Kupferoxyd-Ammoniak und Chlorzink ist sie leichter löslich als die Zellulose. Reine Hydrozellulose verträgt Temperaturen über 100° Cels. ohne Veränderung. Hydrozellulose kann leichter in Glukose übergeführt werden als Zellulose.

Durch die Einwirkung von Oxydationsmitteln wird die Zellulose in Oxyzellulose übergeführt, welche reduzierende Eigenschaften zeigt, sich ganz oder teilweise in verdünnten Alkalien löst und ein stärkeres Aufnahmevermögen für basische Farbstoffe hat als die Zellulose.

Durch Behandlung der Zellulose mit Wasserstoffsuperoxyd haben Bumcke und Wolffenstein ein Produkt erhalten, das den Oxyzellulosen sehr ähnlich ist und von ihnen Hydralzellulose genannt wurde.

Unter den Estern der Zellulose mit organischen Säuren haben namentlich die Zellulose-Acetate ein technisches Interesse, weil sie löslich sind, sich zu strukturlosen, durchsichtigen Platten und Fäden von großer Festigkeit und Elastizität formen lassen und nicht explosiv sind.

Kocht man Holz oder Zellulose mit nicht oxydierenden Mineralsäuren — mit oder ohne Anwendung von Druck — so entsteht, neben anderen Produkten der Hydrolyse, wie schon erwähnt, Zucker, welcher gärungsfähig ist

Man hat dieses Verhalten technisch zu verwerten gesucht, um aus Holz Aethylalkohol (Spiritus) zu gewinnen. Erst in der neuesten Zeit aber soll es, nach vielfachen mißglückten Versuchen, gelungen sein, das Verfahren praktikabel und rentabel zu gestalten.

Nach R. F. Ruttans Bericht [2]) soll in Amerika eine, nach einem von Tomlinson und Ewen abgeänderten Classenschen Verfahren arbeitende, Fabrik zufriedenstellende Ausbeuten ergeben.

Nach diesem Verfahren wird Sägemehl in, mit Chamotte ausgelegten, rotierenden Stahlzylindern vorerst mit 1% von seinem Trockengewicht gasförmiger, schwefliger Säure behandelt und sodann einem Dampfdruck von 7 Atm. ausgesetzt. Nach 40 bis 45 Min. ist die Aufschließung beendet, worauf der, die Terpene, schweflige Säure und Essigsäure enthaltende, Dampf in Absorptionsgefässe abgeblasen und die aufgeschlossene dunkelgefärbte Holzmasse in eine Batterie entleert wird, um hier systematisch mit heißem Wasser ausgelaugt zu werden. Der saure Extrakt wird mit Kalk neutralisiert, filtriert, mit Hefe versetzt, vergären gelassen und schließlich der Alkohol abdestilliert.

1 t (1000 kg) Sägemehl soll 20,5 Gallonen (1 Gallone = 3,785 Liter), somit 77,6 Liter Spiritus ergeben, welcher nach der Rektifikation zu 94%igem Alkohol, sehr rein, farb- und geruchlos ist und nur Spuren von Aldehyd und Furfurol aufweist.

Auch in Frankreich soll nach G. U. Borde [3]) ein im Großbetriebe ausgeführtes, modifiziertes Classensches Aufschließverfahren, bei dem neben Alkohol auch noch Essigsäure gewonnen wird, in seinen Erträgen befriedigen. In allen jenen Ländern, in denen die Spiritusgewinnung aus stärkemehlhaltigen Rohmaterialien — im Interesse der Landwirtschaft — durch die Steuergesetzgebung geschützt ist, dürfte diese Art der Nutzbarmachung von Holzabfällen nicht rentieren.

---

1) Schwalbe, Die Chemie der Zellulose, Berlin 1910.

2) Journ. Soc. Chem. Ind. 1909.

3) Chem. News. 1910.

Wird geraspeltes Holz von Laubbäumen vorerst mit Ammoniak gereinigt und sodann mit Alkalilauge digeriert, so entsteht das sogenannte H o l z g u m m i oder X y l a n $C_6H_{10}O_5$, welches beim Erhitzen mit verdünnter Schwefelsäure in X y l o s e, $C_5 H_{10} O_5$, eine nicht gärungsfähige Zuckerart (Holzzucker) übergeht. Das Holz der Coniferen liefert im Verhältnis zu dem der Laubhölzer nur wenig Xylan.

Wird Zellulose mit konzentrierten, kalten Alkalien behandelt, so schwellen und schrumpfen die Fasern, zeigen aber nach dem Auswaschen der Lauge ein besseres Färbungsvermögen, eine höhere Festigkeit und Hygroskopizität, sowie — nach Schwalbe — eine gesteigerte Reaktionsfähigkeit und leichtere Hydrolyse. Werden diese geschrumpften Fasern nach der Behandlung gestreckt, so erhalten sie einen hohen Glanz. Von diesem Verhalten der Zellulose (Bildung von Hydratzellulose) wird in der Textilindustrie, beim sog. „M e r c e r i s i e r e n" der Garne ausgiebig Gebrauch gemacht.

Zellulose mit starker Natronlauge behandelt und sodann Schwefelkohlenstoff-Dämpfen ausgesetzt, liefert eine Verbindung, welche als das Natriumsalz der Alkalizellulose-Xanthogensäure zu bezeichnen ist. Diese Verbindung ist im Wasser löslich; je nach der Konzentration der Lösungen sind dieselben mehr oder minder zähflüssig (viskos), woraus sich die Bezeichnung dieser Verbindung, V i s k o s e, ableitet.

Die wässerigen, meist 10% Zellulose enthaltenden Lösungen der Viskose sind gelblich bis bräunlich gefärbt und enthalten neben der eigentlichen Zelluloseverbindung noch, von Nebenreaktionen herrührende, Zersetzungsprodukte des Schwefelkohlenstoffes. Durch schwache Säuren (Essig-, Milch-, Kohlensäure u. dergl.), ebenso durch Alkalisalze, Ammoniumchlorid oder starken Alkohol kann die Zelluloseverbindung infolge Fällung von diesen Begleitsubstanzen getrennt, d. h. gereinigt werden. Metallsalze verursachen eine Wechselzersetzung mit der Viskose.

Viskoselösungen können zur Herstellung von Fäden, Häutchen oder plastischen Formen, dann zum Leimen von Papier, Wasserdichtmachen von Geweben etc. verwendet werden. Durch Stehenlassen an der Luft, schneller aber durch Erwärmen, zersetzen sich die Viskoselösungen und es erübrigt schließlich Zellulosehydrat in Form einer festen, elastischen Masse, die als V i s k o i d jegliche Bearbeitung durch Sägen, Bohren, Drehen usw. zu verschiedenen Gebrauchs- und Luxusgegenständen ermöglicht.

Technisch wichtig ist ferner das Verhalten der Zellulose gegen konzentrierte Säuren. Taucht man ungeleimtes Papier kurze Zeit (5—20 Sekunden) in starke Schwefelsäure und wäscht diese sodann mit Wasser vollständig aus, so geht die Zellulose in kolloidale Modifikationen, „A m y l o i d und Hyrozellulose" über, welche sich auf und zwischen den Papierfasern niederschlagen und dieselben verkitten. Derartig präpariertes Papier ist dem animalischen Pergamente ähnlich und wird daher auch als vegetabilisches Pergament oder P e r g a m e n t p a p i e r bezeichnet. Es ist durchscheinend, steif, schwer zerreißbar und wird im Wasser geschmeidig, ohne dabei wie gewöhnliches Papier zu zerfasern. Pergamentpapier wird hauptsächlich zum Verschließen der Gläser von Obstkonserven, als Wursthüllen u. dergl., dann aber auch als Membrane bei der Osmose der Melassen in der Rübenzucker-Fabrikation verwendet.

Zur Erzeugung der sog. V u l k a n f i b e r pergamentiert man ungeleimtes Papier statt mit Schwefelsäure, welche schwer auszuwaschen ist, mit Chlorzink, setzt mehrere Lagen solchen Pergaments, eventuell unter Farbzusatz, zwischen geheizten Zylindern einem mäßigen Druck aus, trocknet an der Luft, wäscht das Chlorzink aus und trocknet schließlich vollends. Die einzelnen Lagen verschweißen bei dieser Behandlung zu Platten oder Blöcken, in denen keinerlei Schichtung mehr wahrzunehmen ist und die sich nach dem vollständigen Trocknen wie Metall bearbeiten lassen. Harte Vulkanfiber dient vornehmlich als Isoliermaterial für den elektrischen Strom und dann überhaupt zur Erzeugung von Gegenständen, welche, bei einer entsprechenden Elastizität, besonders auf Härte und Zähigkeit beansprucht werden, z. B. Zahnräder für stoß- und fast geräuschlosen Gang, Bremsen, Stoßringe, Transportgefäße etc. Biegsame Vulkanfiber, durch Tränken der harten mit Glyzerin erhalten, wird als Ersatz für Gummi und Leder zu Dichtungen, Ventilsitzen- und klappen etc. verwendet.

Durch konzentrierte Salpetersäure oder besser noch durch ein Gemisch von dieser mit konzentrierter Schwefelsäure (welche als wasserentziehendes Mittel wirkt) wird die Zellulose (gereinigte Baumwolle oder Holzzellulose) in ein Nitroprodukt oder nach neuerer Auffassung in S a l p e t e r s ä u r e - E s t e r verwandelt. Je nach dem Mengenverhältnis zwischen Salpetersäure, Schwefelsäure und Wasser, sowie nach der Temperatur und Einwirkungsdauer der Säure entstehen verschiedene Verbindungen. Wird das Molekül der Zellulose mit 12 Atomen C angenommen, so ergibt sich folgende Reihe:

Zellulose -Dinitrat ...... $C_{12} H_{18} O_8 (NO_3)_2$ .... 6,76% N
„ -Trinitrat ...... $C_{12} H_{17} O_7 (NO_3)_3$ .... 9,15 „ N
„ -Tetranitrat .... $C_{12} H_{16} O_6 (NO_3)_4$ ....11,11 „ N
„ -Pentanitrat ... $C_{12} H_{15} O_5 (NO_3)_5$ ....12,75 „ N
„ -Hexanitrat .... $C_{12} H_{14} O_4 (NO_3)_6$ ....14,14 „ N

Hexanitrat entspricht etwa der „S c h i e ß b a u m w o l l e", Penta- bis Trinitrat den „C o l l o d i o n p y r o x i l i n e n".

Diese letzteren sind in Alkohol-Aether löslich und führen allgemein den Namen „K o l l o-

d i u m w o l l e oder lösliches Pyroxilin." Nach dem Verdünsten des Lösungsmittels aus einer solchen Pyroxilinlösung verbleibt das Kollodium in Form einer Haut, welche in der Chirurgie und bei der Herstellung photographischer Platten und Papiere Verwendung findet.

In neuerer Zeit ist die Kollodiumwolle u. a. mit das Hauptrohmaterial für die Erzeugung der K u n s t s e i d e. 1885 nahm Graf Hilaire de Chardonnet sein erstes Patent auf die Herstellung künstlicher Seide aus Pyroxilin, wonach dieses in Alkohol-Aether unter Erwärmen gelöst und die Lösung zur Beseitigung etwaiger mechanischer Verunreinigungen und behufs gründlicher Mischung unter Druck filtriert wird. Dieses heiße Filtrat wird mit hohem Druck durch ein, in einer kalten Flüssigkeit, z. B. Wasser, angeordnetes, enges Mundstück (Spinnorgan) gepreßt, wobei das Lösungsmittel vom Wasser rasch aufgenommen wird und der austretende sehr dünne Kollodiumstrahl an seiner Oberfläche sofort erstarrt, im Innern aber noch flüssig bleibt. In diesem Zustand kann man diese Fäden an der Luft zu sehr feinen Kokons ausziehen, in welcher Form sie dann leicht vollständig trocknen und erhärten und einen hohen Glanz aufweisen. Zehn bis zwölf solcher Kokons zusammengezwirnt liefern einen verwebbaren Faden, welcher ohne Schwierigkeit und beliebig gefärbt werden kann. Die aus Nitrozellulose hergestellte Kunstseide besitzt aber eine hohe Entzündlichkeit; um ihr dieselbe zu nehmen, wird sie mit verschiedenen Mitteln (Alkali- oder Erdalkalisulfiden- und sulfhydraten, Metallsalzen u. a.) denitriert, d. h. in nahezu reine Zellulose rückverwandelt.

Um dieser letzteren Prozedur bei der Kunstseiden-Fabrikation aus dem Wege zu gehen, hat man, u. zw. mit Erfolg, Versuche unternomen, dieses Produkt aus nicht feuergefährlichen Rohmaterialien herzustellen, als welche zu nennen sind: Lösungen von Zellulose in Kupferoxyd-Ammoniak oder Chlorzink, Sulfozellulose, Viskose und in neuester Zeit die Zellulose-Ester organischer Säuren, vornehmlich die Zelluloseacetate.

Die Festigkeit der Kunstseide ist gering, etwa 40 bis 60% von der echten Seide, ihr Glanz aber bei manchen Fabrikaten höher als der der natürlichen. Sie wird, bei Stofferzeugung nur zum „Schuß", sonst aber hauptsächlich zur Herstellung von Dekorationsgegenständen, Litzen, Borden etc. verwendet.

Ein anderes Fabrikat, welches aus Nitrozellulose hergestellt wird, ist das Z e l l u l o i d, eine innige Mischung von Kollodiumwolle und Kampfer. Diese Mischung kann erreicht werden dadurch, daß man entweder die durch Abpressen entwässerte und gemahlene Nitrozellulose in schmelzenden Kampfer oder in eine alkoholische Kampferlösung einrührt und diese Masse in hydraulischen Pressen einem hohen Druck und einer Temperatur von 130° Cels. aussetzt, oder auf kaltem Wege, durch Lösen der Kollodiumwolle in einer Lösung von Kampfer in Aether, Holzgeist, Aceton, Eisessig u. dgl. Durch Farbenzusätze zu den Rohmaterialien läßt sich das Zelluloid beliebig färben; in warmem Zustande kann es in verschiedene Formen gepresst oder gewalzt werden und behält diese nach dem Erkalten bei. Es ist zäh und elastisch und besitzt bei 90° Cels. seine höchste Elastizität. Bei 140° Cels. beginnt es sich zu zersetzen, was bei 195° plötzlich eintritt. Durch Zusätze von bor- und wolframsauren Salzen, Asbest, Alaun, Glimmer und verschiedenen anderen Mitteln wird die leichte Entzündlichkeit des Zelluloids vermindert. Kurz erwähnt sei hier nur noch, daß als Ersatz für den teueren und gefährlichen Kampfer eine stattliche Zahl von Mitteln versucht wurde, von denen sich auch einige praktisch bewährt haben (z. B. Borneol, Isoborneol, Naphtalin, Formanilid etc.).

Zelluloid wird zu den verschiedenartigsten Gebrauchs- und Luxusgegenständen geformt und dient namentlich zu diversen Imitationen von Elfenbein, Schildpatt, Horn, Bernstein, Leder („Pegamoid" Kunstleder, d. s. mit Zelluloidlösung imprägnierte, somit wasserdichte Leinen- und Baumwollgewebe) u. dgl.

Stärker nitrierte Baumwolle, welche meist ein Gemenge der höchsten Nitrierungsstufen darstellt, heißt — wie schon erwähnt S c h i e ß b a u m w o l l e. Sie explodiert heftig und wirkt in geschlossenen Röhren (Gewehr- und Geschützläufen) sehr brisant. Durch Befeuchten der Schießbaumwolle mit Aceton und Essigester entsteht eine gelatinöse Masse, welche in Platten gewalzt, sodann in kleine Teile zerschnitten und mit Graphit bestäubt das rauchlose, bezw. rauchschwache Pulver für Gewehre liefert. Dieses brennt langsamer ab als die Schießbaumwolle. Fur Artilleriezwecke wird Kollodiumwolle mit dem gleichen Gewichte Nitroglycerin gemengt. Gekörntes, rauchloses Pulver besteht aus Nitrozellulose und Barytsalpeter.

Beim Zusammenschmelzen von zerkleinertem Holze mit Alkalihydrat entsteht O x a l s ä u r e. Diese Art der Darstellung wird fabriksmäßig betrieben, indem man Sägemehl mit dem gleichen Gewichte Aetzalkalien (40% Kali- und 60% Natronhydrat) in flachen eisernen Schalen unter fortwährendem Umrühren bei 240° C. zusammenschmilzt. Die Schmelze wird in Wasser gelöst, mit Kalkmilch gekocht, das dabei entstandene Calciumoxalat mit Schwefelsäure zerlegt und das Filtrat soweit eingedampft, daß die Oxalsäure auskristallisiert. Aus 100 kg Sägemehl erhält man ca. 80 kg rohe Oxalsäure, welche als solche oder in Form von Salzen (Oxalate) in der Färberei und im Zeugdruck etc. Anwendung findet.

§ 2. D e r H o l z s a f t. Der Holzsaft besteht aus Wasser, in welchem organische und mineralische Bestandteile teils gelöst und teils suspendiert sind.

Der W a s s e r g e h a l t des frischen Holzes ist sehr verschieden und abhängig:

1. von der Holzart;
2. von dem Alter des Holzes;
3. von der Jahres- und Tageszeit;
4. von dem Standorte des Baumes und
5. von der Witterung.

Im allgemeinen bewegen sich die Schwankungen bei frisch gefälltem Holze zwischen 25 und 50 %; ausnahmsweise auch unter 20 bis über 60 %.

Ein durchgreifender Unterschied im Wassergehalte zwischen hartem und weichem Holze ist nicht zu konstatieren. Im frisch gefällten Holze beträgt der Wassergehalt durchschnittlich:

bei Hainbuche	20 %
„ Ahorn, Esche und Birke	25—30 %
„ Steineiche, Buche, Weißtanne und Kiefer	35—40 %
„ Erle und Fichte	40—45 %
„ Linde, Lärche und Schwarzpappel	45—50 %

Geflößtes Holz enthält durchschnittlich an 60 % Wasser.

Jüngeres Holz ist stets wasserreicher als das ältere. Diesbezügliche Untersuchungen von R. Hartig ergaben:

		Gewichtsprozente Wasser		
		Splint	Mitte	Kern
Fichte	75jährig	65,2	39,0	23,7
Kiefer	75jährig	53,9	37,1	24,7
Rotbuche	85jährig	46,9	42,1	36,1
Eiche	50jährig	44,9	42,8	41,4

NB. Die Bäume wurden im Mai (1881) gefällt und die zur Untersuchung verwendeten Probescheiben aus einer Höhe von 6—8 m über dem Boden entnommen.

Der Wassergehalt des Holzes ist im Frühjahr, zur Zeit der Hauptsaftbewegung am größten und im Winter am geringsten. Jedoch nehmen auch Nebenumstände darauf Einfluß, so daß diese Regel keine allgemeine Gültigkeit besitzt. Der Wassergehalt wechselt sogar in den verschiedenen Tagesstunden und ist in hohem Grade von der Insolation abhängig. An sonnenhellen Tagen fällt er von früh bis gegen 2 Uhr mittags und steigt sodann bis zum nächsten Morgen.

Von dem im Holze enthaltenen Wasser ist nur ein Teil (etwa $^1/_3$ bis $^2/_3$ des Gesamt-Gehaltes) im flüssigen Zustande vorhanden; der Rest ist von den Zellwänden aufgesaugt (Imbibitionswasser). Das Verhältnis zwischen flüssigem und imbibiertem Wasser ist nach der Holzart, Jahres- und Tageszeit sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen.

Bleibt frisch gefälltes Holz in zugerichtetem oder wenigstens entrindetem Zustande an der Luft liegen, so verliert dasselbe fortwährend Wasser, bis ein gewisser Gleichgewichtszustand zwischen dem Wassergehalte der Atmosphäre und der Hygroskopizität des Holzes eingetreten ist. In diesem Zustande nennt man das Holz lufttrocken. Dasselbe enthält aber immer noch 10—18 % hygroskopisches Wasser, welches nur durch Trocknung bei höherer Temperatur (100—110 ° C.) vollständig ausgetrieben werden kann.

Die im Holzsafte gelösten oder suspendierten Bestandteile (welche teilweise wohl auch der Zellwand selbst angehören oder Umwandlungsprodukte derselben darstellen) sind folgende:

1. Stickstoffsubstanz (Protein).

Der Gehalt an Stickstoff ist gering und beträgt im entrindeten Holze etwa 0.1—0.2 Proz. (entsprechend 0.58—1.16 Proz. Protein). Im jüngeren Holze ist der Stickstoffgehalt ein höherer als im älteren. Im Winter und Frühjahr ist er am geringsten, im Sommer am höchsten. Der weitaus größte Teil der Stickstoffsubstanz ist im unlöslichen Zustande zugegen. Technisch

erscheint dieselbe nur insoferne von Bedeutung, als sie neben dem Wassergehalte die hauptsächlichste Ursache der Zersetzung des Holzes ist.

2. Kohlehydrate und Nächstverwandte: Stärke, Zucker, Gummi und andere.

Aus dem Marke der Sagopalme wird ein Stärkeprodukt, „der echte ostindische Sago", gewonnen, welcher als Nahrungsmittel in den Handel kommt.

Zucker (Saccharose) findet sich im Safte des Stammes einiger Ahornarten und Palmen in größerer Menge, so daß er für lokalen Bedarf technisch gewonnen werden kann.

Als Manna bezeichnet man den eingetrockneten, süßlich schmeckenden Saft der Manna-Esche, welcher teils freiwillig, teils durch Einschnitte ausfließt und in den südeuropäischen Ländern (Sicilien und Calabrien) gewonnen wird.

Gummi gehört zu den am meisten verbreiteten Pflanzenstoffen und steht den Kohlehydraten sehr nahe. Der Hauptbestandteil, „das Arabin ($C_{12}H_{22}O_{11}$)" besitzt den Charakter einer schwachen Säure. Gummi entsteht durch chemische Metamorphose der Zellwände. Gummibildung kann sowohl im Holze als auch in der Rinde erfolgen. Das bekannteste Produkt dieser Art ist das Akaziengummi: arabisches Gummi, Senegalgummi usw. Es stammt von mehreren Bäumen und Sträuchern (hauptsächlich von Acacia Verek), die in Afrika, Oberägypten in den nubischen und arabischen Wüsten, Australien und Ostindien einheimisch sind. Das Gummi fließt freiwillig aus den Rinden und erhärtet an der Luft. Es kommt in rundlichen, erbsen- bis haselnußgroßen, oft auch länglich gestreckten und verschiedenartig gewundenen, glasartigen, farblos oder gelb bis braun gefärbten Stücken in den Handel. Gummi ist in Wasser leicht löslich, wenn es vornehmlich aus Arabin besteht, teilweise löslich, wenn es Cerasin und Bassorin enthält; in Alkohol, Aether u. dgl. ist es unlöslich. Es dient, wie bekannt, hauptsächlich als Klebemittel; ferner auch zum Verdicken der Farben, Beizen, Tinten, Glänzen des Papiers usw. Das natürliche Gummi wird gegenwärtig durch das viel billigere Dextrin, welches aus Kartoffelstärke erzeugt ist, ersetzt. Unter den einheimischen Holzarten zeigen namentlich die Steinobstbäume starke Gummiausscheidungen. Eine dem arabischen Gummi nahestehende Substanz, „der Traganth", ist der eingetrocknete Saft mehrerer Astragalus-Arten.

3. Glykoside. Darunter sind alle Körper verstanden, welche durch Einwirkung von Enzymen oder chemischen Agenzien in Zucker und irgend eine andere zu den aromatischen oder Fettkörpern gehörige Verbindung zerlegt werden. Die Glykoside sind hauptsächlich in den Rinden vertreten, einige davon finden sich aber auch im Holzsafte. Hierher gehört das Coniferin $C_{16}H_{23}O_8$, welches im Cambialsafte aller Coniferen vorkommt; das Fustin $C_{36}H_{26}O_{14}$ und Fisetin $C_{15}H_{10}O_6$, welche beide im Fisetholze (Rhus cotinus) vorkommen, und einige andere.

4. Pflanzensäuren: Gerbsäure, Oxalsäure, Weinsäure, Zitronensäure, Aepfelsäure, Arabinsäure.

Gerbsäure findet sich ebenfalls hauptsächlich in den Rinden. Es gibt jedoch auch einige Holzarten, welche beträchtliche Mengen von Gerbsäure aufweisen, so das Quebrachoholz (mit 20—25% Gerbstoff), das Catechuholz und das Holz der Edelkastanie, welche als Gerbmaterial verwendet werden.

Auch das Eichenholz enthält größere Mengen von Gerbstoff. Die übrigen Säuren sind technisch bedeutungslos.

5. Bitterstoffe. Diesbezüglich ist namentlich das Quassiaholz, sowie auch dessen Rinde ausgezeichnet und findet als Arzneimittel, zur Herstellung bitterer Liköre u. dgl. Verwendung.

6. Farbstoffe. Die meisten Holzarten, speziell die Splint- und Reifholzbäume, besitzen eine helle, weiße bis blaßgrau-gelbe Farbe. Das Kernholz mehrerer einheimischer, vornehmlich aber der tropischen Holzarten, zeigt eine lebhafte Färbung.

Bei längerem Liegen des Holzes dunkelt die Farbe immer nach. Auffallend dunkler wird das Holz durch das Dämpfen.

Manche Holzarten sind sehr reich an Farbstoffen (bezw. Chromogenen) und finden in der Färberei Verwendung.

Solche Farbhölzer sind:

a) Das Blauholz (Campecheholz), d. i. das Kernholz eines auf den Antillen und an der Küste von Südamerika, besonders in der Campechebai, wild wachsenden Baumes. Der Splint ist unbrauchbar, wird abgeschält und das Kernholz in etwa 1 m lange und mehrere Zentimeter dicke Scheite zerschnitten. Vor dem Gebrauche werden dieselben geraspelt und zermahlen und bleiben im angefeuchtetem Zustande mehrere Wochen liegen, damit sich der Farbstoff durch Oxydation kräftiger entwickelt. Das frische Holz ist an der Oberfläche dunkelrot, im Innern heller. Es ist hart, sehr dicht (0,9—1,0), läßt sich gut polieren und besitzt einen veilchenartigen Geruch.

Das Chromogen, „Hämatoxylin ($C_{10}H_{14}O_6+3aq$)", ist in reinem Zustande farblos und kristallisiert; die Färbung kommt erst durch Einwirkung von Luft, von Feuchtigkeit und durch Beizmittel zustande. Das Hämatoxylin ist in einer Menge von 9—12% im Holze vorhanden. Das erste Oxydationsprodukt desselben „das Hämateïn $C_{16}H_{12}O_6$", ist ein rötliches Pulver

mit grünlichem Metallschimmer. Bei weiter fortschreitender Oxydation entstehen braunschwarze amorphe Verbindungen.

Je nach der Art der Beizen wird das Blauholz zum Blau-, Violett-, Rot-, Grau- und Schwarzfärben verwendet.

b) Das Rotholz (Fernambuk- oder Brasilienholz) stammt von verschiedenen Caesalpinien (namentlich Caesalpinia echieata Lam.), welche in Südamerika einheimisch sind. Die Zubereitung des Kernholzes ist ähnlich wie beim Blauholze. Es kommt in 20—50 cm dicken Klötzen in den Handel, hat eine dunkel gelbrote Farbe und ist sehr dicht, schwerer als Wasser. Das beste Rotholz kommt aus Brasilien.

Alle enthalten das gleiche Chromogen „das Brasilin $C_{16}H_{14}O_5 + aq$", welches in farblosen Nadeln kristallisiert; an der Luft oxydiert es zu Brasileïn $C_{16}H_{12}O_5 + aq$. Mit Alkalien wird die Lösung rot.

c) Das Sandelholz, von Pterocarpus santalinus L., eines auf Ceylon und in Ostindien einheimischen Baumes, enthält etwa 17% eines roten Farbstoffes „das Santalin $C_{15}H_{14}O_5$", welches in Wasser unlöslich, in Alkohol und Aether hingegen löslich ist. Auch in Alkalien löst es sich, wobei die Farbe in violett übergeht.

Dem Sandelholz nahestehend sind: das ostindische Caliatur-Holz, das Madagascar-Holz, das afrikanische Barwood und das Camwood.

d) Das Gelbholz. Das ungarische Gelbholz stammt vom Perückenbaum (Rhus cotinus L.), das westindische vom Färbermaulbeerbaum (Maclura aurantiaca Muth).

Ersteres enthält ein Glykosid „das Fustin", welches anscheinend an Gerbsäure gebunden ist und beim Erwärmen mit verdünnter Schwefelsäure in den Gelbfarbstoff „Fisetin" und in Zucker zerlegt wird:

$$\underbrace{C_{36}H_{26}O_{14}}_{\text{Fustin}} + 4H_2O = \underbrace{2C_{15}H_{10}O_6}_{\text{Fisetin}} + \underbrace{C_6H_{14}O_6}_{\text{Rhamnose.}}$$

Das westindische Gelbholz enthält neben dem nicht färbenden Maklurin $C_{13}H_{10}O_6$ den gelben Farbstoff Morin $C_{15}H_{10}O_7 + 2aq$.

Um den Transport zu erleichtern, werden aus den Farbhölzern Extrakte hergestellt. Von einzelnen kommt überhaupt nur das eingedickte Extrakt in den Handel, wie z. B. Catechu, eine spröde, tief dunkelbraun gefärbte Masse, welche aus dem Kernholze von Acacia Catechu gewonnen wird und neben Gerbsäure einen roten und einen braunen Farbstoff enthält.

Die Farbhölzer haben seit Einführung der Teerfarbstoffe an Bedeutung viel verloren.

7. Aetherische Oele, Harze, Balsame und andere Riechstoffe.

Jedes frische Holz besitzt einen eigentümlichen, meist schwachen Geruch. Bei manchen Hölzern tritt aber auch im trockenen Zustande der Geruch noch sehr deutlich hervor; so z. B. bei allen Nadelhölzern, bei den Farbhölzern, beim Weichselholz, Cedernholz, Veilchenholz, Aloeholz, Kampferholz usw.

8. Kautschuk, Guttapercha, Kampfer, Bitterstoffe, Alkaloide etc. Diese Substanzen sind für gewisse, meist in den Tropen einheimische Holzarten (Stammholz, Wurzeln oder Rinden) charakteristisch. In technischer Hinsicht ist namentlich der Kautschuk von Bedeutung, der sich in dem Milchsaft (Latex) mehrerer tropischer und subtropischer Pflanzen findet. Den meisten und besten Kautschuk liefern die Euphorbiaceen: Hevea brasiliensis und guyanensis. Er kommt unter der Bezeichnung „Paragummi", nach dem brasilianischen Hafen Para so benannt, in den Handel. Außer diesen gibt es in Brasilien, Zentralamerika, Ostindien und Ostafrika noch eine Reihe anderer Kautschukbäume, aus der Familie der Artocarpeen, Apocyneen u. a.

Um den Milchsaft zu gewinnen, werden entweder die Bäume durch Einschnitte oder Stiche angezapft, oder die Blätter und Stengel der Kautschukpflanzen ausgepreßt, oder endlich die kautschukführenden Pflanzenteile getrocknet und dann mit Quellungsmitteln der Kautschuk direkt extrahiert.

Der Milchsaft, der eine weißliche, dickflüssige, im frischen Zustande meist geruchlose, süßschmeckende Flüssigkeit bildet, wird entweder als solcher in Gefäßen gesammelt und aus ihm der Rohkautschuk auf verschiedene Art (Verdunstenlassen, Schlagen, Zentrifugieren, Räuchern, Kochen, starkes Verdünnen mit Wasser, Zusatz von organischen und mineralischen Säuren) zur Koagulation gebracht, oder das Gerinnen am Baume selbst veranlaßt und der Kautschuk aus dem Gerinnsel auf geeigneten Unterlagen gleichsam abgewickelt.

Das auf die eine oder andere Art ausgeschiedene Koagulum ist der Rohkautschuk, welcher den überseeischen Handelsartikel bildet. Ein Baum liefert pro Jahr etwa 6 Liter Milch, woraus 2,5 kg Rohkautschuk gewonnen werden.

Dieser enthält neben dem eigentlichen oder Reinkautschuk (rund 60%) beträchtliche Mengen von Harzen, ferner Eiweißkörper, Zucker, Farbstoffe, erdige Bestandteile, Reste des Koagulationsmittels, Wasser und noch andere Verunreinigungen.

Vor seiner Weiterverarbeitung wird der Rohkautschuk einem Waschprozeß mit heißem und kaltem Wasser und darauf folgendem gründlichen Austrocknen unterworfen.

Mischt man so gereinigten Kautschuk auf einem Mischwalzwerk mit Schwefel, nebst anderen Zusätzen, und setzt diese Mischung in einem Dampfkessel oder in einer heizbaren Presse einem Druck bis zu 6 Atm. aus, so erhält man, je nach der angewendeten Schwefel-

menge, Höhe und Dauer des Druckes, entweder ein weiches elastisches (Weichgummi) oder ein hartes, elastisches Produkt (Hartgummi oder Ebonit), welches gegen Säuren und Alkalien, sowie Quellungsmittel beständig ist und den allgemeinen Namen „vulkanisierter Kautschuk" führt. Weichgummi behält seine Elastizität zwischen —20 und +120° C. und ist an der Luft beständiger als der Rohkautschuk. Seine Verwendung zu den verschiedenen, fälschlich „Gummiwaren" genannten Artikeln ist bekannt.

Ebonit repräsentiert eine horn- oder fischbeinartige Masse, welche sich zu den verschiedensten Gebrauchs- und Luxusgegenständen in jeglicher Art bearbeiten läßt.

Durch Eintauchen von geformten Kautschukwaren in ein Bad von geschmolzenem Schwefel oder in eine Lösung von Schwefelchlorür bezw. durch Behandeln der Gegenstände mit Schwefelchlorürdämpfen erfolgt ebenfalls, wenn auch keine so intensive, Vulkanisierung des Kautschuks (sog. kalte Vulkanisierung). Ueber die chemische Konstitution des Kautschuks, dem die Formel $(C_{10}H_{16})n$ zukommt, sowie über die Art der Bindung des Schwefels beim Vulkanisierungsprozeß sind die Ansichten der Forscher noch geteil.

Der zum Teil von Erfolg gekrönten Versuche, Kautschuk synthetisch herzustellen, sei hier nur Erwähnung getan.

Eine dem Kautschuk ähnliche Substanz, „die Guttapercha", wird aus dem Milchsafte einiger Palaquien-Arten auf Sumatra und Borneo gewonnen. Zu diesem Zwecke wurden früher die Bäume gefällt, jetzt wird aber die Gewinnung auch am lebenden Baume vorgenommen, indem man Einschnitte in die Rinde macht. In diesen tritt der Milchsaft aus und gerinnt von selbst sehr rasch, so daß er mit dem Messer ausgeschnitten werden kann. Diese Rohguttapercha wird in ähnlicher Weise gereinigt und auch vulkanisiert wie der Kautschuk.

Einen natürlichen Ersatz für die Guttapercha bildet die „Balata", der eingetrocknete Milchsaft von Mimusops Balata, einer in Amerika, Afrika und Australien heimischen Pflanze aus der Familie der Sapotaceen.

Kampfer $C_{10}H_{16}O$ ist das Stearopten aus dem ätherischen Oel des Kampferbaumes (Cinnamomum Camphora, zur Familie der Lauraceen gehörig), welcher in China und Japan zu Hause ist und auf der Insel Formosa ganze Wälder bildet. Kampfer ist in allen Teilen des Baumes enthalten; zur Gewinnung werden das Stammholz, die Aeste, die Wurzeln und teilweise auch die Blätter verwendet. Das Holz wird zerkleinert und der Kampfer in primitiven Vorrichtungen mit Hilfe von Wasserdampf überdestilliert. Aus 100 kg Holzspänen resultieren etwa 5 kg Rohprodukt, aus Kampfer und Kampferöl bestehend. Der feste Kampfer wird von dem Oel durch Absickern getrennt, als Rohkampfer in den Handel gebracht und fabriksmäßg durch Sublimation raffiniert.

Kampfer wird heute bereits im Großen künstlich hergestellt aus Harz als Rohmaterial. Nach E. J. Pond [1]) wird die Synthese selbst folgendermaßen ausgeführt:

Pinen (aus Terpentinöl) + HCl . . . . Pinenhydrochlorid + KOH . . . . Camphen + CH_3 COOH . . . . Isoborneolacetat + H_2O . . . . Isoborneol + O . . . . Kampfer.

9. Mineralstoffe. Dieselben sind teils im Safte und teils in der festen Holzsubstanz abgelagert. Die Menge der Mineralstoffe macht durchschnittlich 0,2—0,6% vom Gewichte des entrindeten, lufttrockenen Stammholzes aus. Junges Holz ist reicher als älteres.

Die Zusammensetzung der Mineralbestandteile wechselt nach der Beschaffenheit des Bodens, auf dem das Holz gewachsen ist. Die Hauptbestandteile sind: Kali, Kalk, Magnesia und Phosphorsäure Alle anderen Bestandteile treten mehr oder weniger zurück. Der Gehalt an Mineralsäuren ist gering. Die Metalloxyde sind zum größten Teil als organisch saure Salze zugegen, welche beim Verbrennen des Holzes Carbonate liefern. In der Holzasche herrscht daher die Kohlensäure vor, die aber dem Holze als solchem nicht angehört. Der Umstand, daß die Holzasche zumeist aus Karbonaten besteht, macht sie zur Gewinnung von Pottasche geeignet.

100 Gewichtsteile Rohasche enthalten:

Kali . .	10—25
Natron . . .	1 - 5
Kalk . . .	20—45
Magnesia . . .	5 -15
Manganoxydul . . .	1— 8
Eisenoxyd . . .	1— 4
Tonerde . .	1— 8
Kieselsäure . . .	1 — 3
Schwefelsäure . . .	1— 5
Phosphorsäure . . .	2—10
Kohlensäure . . .	15 20

Der jüngste Teil des Holzes, „der sogenannte Splint", ist hellfarbig, wasserreich, enthält mehr gelöste Stoffe, namentlich mehr Stickstoffsubstanz, und ist daher auch rascher der Zersetzung unterworfen. Mit zunehmendem Alter zeigt der Splint bei den verschiedenen Holzarten ein ungleiches Verhalten. Bäume, bei welchem der

1) Chemiker Ztng. 1907.

Splint auch in späterem Alter sich nur wenig ändert, werden Splintbäume genannt, wie: Ahorn, Birke, Weißbuche etc. Entwickelt sich aus dem Splint allmählich ein wasserärmeres, dichteres und merklich dunkler gefärbtes Holz, so bezeichnet man die Bäume als Reifholzbäume, wie Tanne, Fichte, Linde, Weißdorn, Birnbaum etc. Eine weiter fortschreitende Veränderung des Splintes findet sich in den Reifholzkernbäumen, wie Rotbuche, Esche, Ulme, Salweide etc., und am weitesten geht die Umwandlung in den Kernholzbäumen, wie: Lärche, Föhre, Zirbelkiefer, Eibe, Wachholder, Eiche, Kirsche, Nußbaum, Hartriegel, Ebenholz, Mahagoni, Stockholz und allen Farbhölzern.

b) Rinde[1]).

§ 3. Im jugendlichen Zustande besteht die Rinde aus der Epidermis, dem primären Rindenparenchym und dem grünen primären Baste. Bei weiterem Wachstum nimmt die Rinde an Dicke beträchtlich zu und die in der tiefer liegenden Zone entstehende Korkschichte stößt das äußere, allmählich absterbende Gewebe, „die sog. Borke“, schuppenförmig ab. Der lebende Teil der Rinde, „das Fleisch“, ist der sekundäre Bast und die innerste Korkschichte. Vom sekundären Baste entsteht jedes Jahr eine neue Schichte, die sich deutlich von den früheren abhebt.

Die chemische Zusammensetzung der Rinden ist eine sehr komplizierte und nur zum Teile erforscht. Der wichtigste Bestandteil, welcher die technische Verwendbarkeit gewisser Rinden bedingt, ist der Gerbstoff.

Als Gerbstoffe bezeichnet man eine Reihe schwacher Säuren, welche im Pflanzenreiche sehr verbreitet sind, vorzugsweise in den Rinden und in gewissen pathologischen Gebilden (Galläpfeln und Knoppern) vorkommen, ferner auch in den Blättern, Samen und anderen Pflanzenteilen. Die Gerbstoffe sind in Wasser leicht, in Alkohol schwer löslich und in Aether unlöslich. Sie besitzen einen herben, zusammenziehenden Geschmack, geben mit Eisensalzen blauschwarze oder grüne Niederschläge, fällen Eiweiß und Leimlösungen. Mit der tierischen Haut vereinigen sie sich zu einer geschmeidigen, fäulniswiderstehenden Substanz „Leder“. Die Gerbstoffe werden nach den Pflanzen, von welchen sie abstammen, benannt. Als Typus der Gerbstoffe ist das Tannin oder die Eichenrindengerbsäure $C_{14}H_{10}O_9$ zu betrachten. Es ist ein gelblich grauweißes, amorphes Pulver, von der vorhin angegebenen Löslichkeit. Es bildet mit zwei Aequivalenten der Metalle Salze und fällt viele Alkaloide aus ihren Lösungen.

Einige Gerbstoffe sind Glykoside. Die hauptsächlichste Verwendung finden die gerbstoffhaltigen Materialien zur Ledererzeugung.

Dem Tannin am nächsten steht die Gallussäure $C_7H_6O_5$; sie ist gewissermaßen das Hydrat des ersteren: $C_{14}H_{10}O_9 + H_2O = 2C_7H_6O_5$. Tannin kann durch Wasseraddition in Gallussäure und diese wieder durch wasserentziehende Mittel in Tannin rückverwandelt werden. Die Gallussäure krystallisiert in feinen Nadeln, ist in heißem Wasser leicht löslich und gibt mit Eisenvitriol eine braune Färbung. An der Luft oxydiert sich die Ferroverbindung sehr rasch, wodurch die Flüssigkeit eine tiefschwarze Farbe annimmt. Gallussäure ist in reichlicher Menge in den Galläpfeln vorhanden, ferner findet sie sich in vielen Rinden und in anderen Pflanzenteilen. Ihre Hauptverwendung findet dieselbe zur Erzeugung der Schreibtinte.

Der Gerbstoffgehalt der Rinden verschiedener Abstammung variiert in weiten Grenzen. In den einheimischen Rinden, die als Gerbmaterial Verwendung finden,

---

1) Ausführliches hierüber Prof. Dr. v. Höhnel in Wiesners Rohstoffe des Pflanzenreiches, I. Bd. Leipzig 1900.

sind im lufttrockenen Zustande durchschnittlich 5—15 % Gerbstoff enthalten. Unter den außereuropäischen Rinden gibt es hingegen mehrere, welche einen Gerbstoffgehalt von 20 bis über 35 % aufweisen.

Für Europa ist die Eichenrinde das wichtigste Gerbmaterial. In Mitteleuropa wird dieselbe vorzugsweise von der Stiel- oder Sommereiche Quercus pedunculata und von der Trauben- oder Wintereiche Qu. sessiliflora gewonnen. Ferner liefern gute Gerbrinde: die Zerreiche Qu. Cerris (Ungarn, Kroatien, Slavonien), die Kermeseiche Qu. coccifera; die Grüneiche Qu. Ilex (Südfrankreich und Algier), die Korkeiche Qu. Suber (Italien und Spanien). In Nordamerika ist die Chestnutoakrinde von der Kastanieneiche Qu. Castanea das wichtigste Gerbmaterial.

Die Rinde wird entweder von alten Stämmen gewissermaßen nur als Nebenprodukt gewonnen, während das Holz die Hauptnutzung bildet, oder aber es wird die Rinde nur von jungen, 14—20jährigen Stämmen (Stangen) abgeschält und ist das Hauptprodukt (Schälwaldbetrieb). Die Altholzrinde ist borkig, dicker, ärmer an Gerbstoff und daher minderwertig. Die Jungholzrinde ist dagegen dünn, glatt, borkenfrei und bildet das wertvollere Material. Man unterscheidet 4 Sortimente von Eichenrinden:

1. Die Spiegel- oder Glanzrinde, d. i. Jungholzrinde von Stangen unter 10 cm Dicke.

2. Die Reitelrinde, von 10—12 cm dicken Stangen, ein Mittelding zwischen Jung- und Altholzrinde, bei 20- bis 35jähriger Umtriebszeit gewonnen. Sie ist schwachborkig und längsrissig.

3. Die geputzte Altholz- oder Grobrinde, bei welcher die Borkenschichte entfernt wurde.

4. Die ungeputzte Grobrinde oder rauhe Stammborke, d. i. Altholzrinde, an welcher die Borke noch vorhanden ist.

Der Gerbstoffgehalt der Rinde nimmt von der Wurzel gegen den Gipfel hin um 3—5 % ab. Man unterscheidet daher, speziell bei der Glanz- und Reitelrinde: Erd-, Mittel- und Gipfelgut. Das Fleisch der Altholzrinde ist nicht wesentlich ärmer an Gerbstoff als jenes von der Jungholzrinde; der Unterschied liegt hauptsächlich nur in der Borkenbildung. Während das Fleisch einen Gerbstoffgehalt von etwa 12—16 % aufweist, besitzt die Borke weniger als die Hälfte davon. Durchschnittlich enthalten die besten Spiegelrinden 16—20, die Reitelrinden 10—14, die geputzten Altholzrinden 8—10 und die ungeputzten 5—8 % Gerbsäure, im lufttrockenen Zustande.

Neben der Eichenrinde ist für Deutschland, Oesterreich-Ungarn und die nördlichen Länder Europas überhaupt die Fichtenrinde ein wichtiges Gerbmaterial. Bäume von 50—80 Jahren liefern die beste Rinde. Die Rinde jüngerer Stämme ist gerbstoffärmer. Bei Stämmen über 80 Jahren geht der Gerbstoffgehalt zwar nicht wesentlich zurück, es entsteht aber eine größere Menge von Farbstoff, welcher die Qualität der Rinde als Gerbmaterial beeinträchtigt. Außer dem Alter kommt auch die Höhenlage der Bäume in Betracht. Die aus alpinen Gegenden stammenden Rinden sind im allgemeinen die wertvolleren. Durchschnittlich enthalten die besseren Sorten der Fichtenrinde 7 bis 9 % Gerbstoff.

Die Schälung der Rinde wird immer erst an den gefällten Stämmen vorgenommen. Fichtenrinde wird hauptsächlich zum Gerben für schweres Unterleder verwendet.

Die Tannenrinde ist gerbstoffarm (etwa 5 %) und wird nur im Gemenge mit anderen, gerbstoffreicheren Rinden zuweilen als Gerbmaterial verwendet.

Die Lärchenrinde enthält 10 % Gerbstoff und noch darüber, wird aber wegen des relativ seltenen Vorkommens dieser Holzart nur für lokalen Bedarf, vorzugsweise in England und Irland, zum Gerben von Schaffellen benützt.

Die Birkenrinde ist sehr arm an Gerbstoff (etwa 3 %), wird aber, hauptsächlich ihrer hellen Farbe wegen, zum Vorgerben und teilweise wohl auch zum Ausgerben verwendet.

Die Erlenrinde besitzt einen sehr hohen Gerbstoffgehalt, 16 bis 20 %, zugleich aber auch sehr viel Farbstoff und kann daher in den Gerbereien nur eine beschränkte Anwendung finden.

Die Weidenrinden sind für den Norden Europas ein wichtiges Gerbmaterial. Das russische Juchtenleder, sowie das dänische und schottische Handschuhleder wird hauptsächlich mit Weidenrinden gegerbt. Die besten Rinden liefern die stärkeren Ruten, welche einen Gerbstoffgehalt von 8 bis über 13 % aufweisen.

Selten werden verwendet:

Walnuß-, Buchen-, ital. Pappel-, Ulmen- und Roßkastanien-Rinde.

Von den außereuropäischen Gerbrinden sind namentlich jene von gewissen Akazienarten durch ihren Gerbstoffreichtum ausgezeichnet und werden unter der Bezeichnung Wattle- oder Mimosa-Rinden von Australien, Südafrika und Südamerika nach Europa importiert. Die besten Sorten enthalten über 35, die minderen einige 20 % Gerbstoff. Ueberdies werden auch die Fernambukrinde, die Hemlock-Tannenrinde, die Termialia- und die Curtidarinde, sowie mehrere andere als Gerbrinde in den Handel gebracht.

Sowohl aus den Rinden, als auch aus den gerbstoffreichen Hölzern werden durch Ausziehen mit Wasser und Konzentrieren der Lösung im Vakuumapparate Gerbstoffextrakte hergestellt, welche entweder als Flüssigkeit (30 ° B) oder als feste Substanz in den Handel kommen. Dieser Fabrikationszweig ist namentlich dort von Bedeutung, wo die mangelhaften Verkehrsverhältnisse den Absatz des Rohmateriales sehr erschweren.

Neben Gerbstoff finden sich in den Rinden noch eine Reihe anderer, zum Teile technisch verwertbarer Stoffe, und zwar:

Gallussäure, besonders in der Eichenrinde, in der Rinde der Edelkastanie, Roßkastanie etc.; andere organische Säuren, namentlich Oxalsäure und Pectinsäure. In vielen Rinden sind Oxalatkristalle (meist Calciumoxalat) ausgeschieden.

Glykoside, wie: das Quercitrin $C_{21}H_{22}O_{12}$ in der Rinde von Quercus tinctoria, welche als Farbmaterial eine hervorragende Rolle spielt und die anderen pflanzlichen Gelbstoffe fast gänzlich verdrängt hat; ferner das Salicin $C_{13}H_{18}O_7$ in den Weiden und Pappelrinden; das Aesculin $C_{15}H_{16}O_9$ in der Rinde der Roßkastanie, das Saponin $C_{19}H_{30}O_{10}$ in der Quillaja-Rinde, deren Abkochungen gleich jenen der Seifenwurzel zum Waschen von Schafwolle und diversen Geweben benützt wird; das Populin $C_{20}H_{22}O_8 + 2$ aq in der Pappelrinde; das Phloridzin $C_{21}H_{24}O_{10} + 2$ aq in der Rinde der Obstbäume und noch einige andere.

Stärke, Zucker, Gummi. Ein gewisser Stärkegehalt ist in den Gerbrinden erwünscht.

Aetherische Oele, Harze, Balsame. Die Zimtrinde, von mehreren Cinnamomumarten stammend, dient als Gewürz, für medizinische Zwecke und zur Erzeugung von Zimtöl.

Die Cascarilla-Rinde wird ihres ätherischen Oeles wegen in der Parfümerie, in der Medizin, zur Herstellung von Weihrauch, Tabakbeizen etc. verwendet. Ueber Harze und ätherische Oele siehe später).

Bitterstoffe und Alkaloide. Den hervorragendsten Platz nehmen in dieser Hinsicht die Chinarinden ein, welche von Bäumen der in Südamerika einheimischen Cinchona abstammen, gegenwärtig aber auch in mehreren anderen Ländern kultiviert werden. Die größten Produktionen weisen Ceylon und Java auf. Der Wert dieser Rinden liegt in ihrem Gehalt an Alkaloiden, deren heute 10 verschiedene, gut charakterisierte bekannt sind. Die wichtigsten kristallisierbaren China-Alkaloide sind: das Chinin und Chinidin ($C_{20}H_{24}N_2O_2$), sowie das Cinchonin und Chinchonidin ($C_{19}H_{22}N_2O$). Der Alkaloidgehalt der Rinden ist außerordentlich variabel, von 1 bis 12 Proz. und auch noch darüber. Die Wurzelrinden sind im allgemeinen

reichhaltiger als die Stammrinden; auch geben die Rinden von den kultivierten Bäumen mehr als von den wildwachsenden. Die Alkaloide werden fabriksmäßig aus den Rinden gewonnen und bilden eines der wichtigsten Arzneimittel.

Endlich sind als Rindenbestandteile noch anzuführen: Zellulose, Lignin, Suberin, Farbstoffe, Extraktivstoffe, Stickstoffsubstanz, Mineralbestandteile und Wasser. Der Stickstoffgehalt der Rinden ist höher als im Holze und beträgt in den älteren Stammrinden 0.4—0.6 und in der Reisigrinde 0.6—0.8 Proz. Der Gehalt an Mineralstoffen schwankt von 1.5 bis über 7 Prozent und der Wassergehalt durchschnittlich zwischen 50 und 60, steigt aber auch bis über 70 Proz. Ein höherer Wassergehalt ist speziell bei den Gerbrinden sehr nachteilig. Auf feuchten Rinden siedeln sich sehr leicht Schimmelpilze (namentlich Pennicillium glaucum) an, welche den Gerbstoff rasch oxydieren. Das möglichst schleunige Lufttrockenwerden der Rinden ist daher ein Haupterfordernis bei der Rindengewinnung.

c) Kork.

§ 4. Die Korkschichte ist, wie schon früher erwähnt, ein Bestandteil der Rinde. Bei den meisten Holzgewächsen ist aber diese Schichte sehr schwach. Nur bei einigen Eichenarten entwickelt sich der Kork so mächtig, daß er gewonnen und technisch verwertet werden kann. In hervorragender Weise ist dies der Fall bei der Korkeiche „Quercus suber“, welche in Algier und Marokko, sowie in Spanien und Portugal zu Hause ist; ferner auch bei einer mit der ersteren nahe verwandten Eichenart, „Quercus occidentalis“, die im südlichen Frankreich größere Bestände bildet. Auch in Italien, Dalmatien und in der Türkei kommt Korkeiche vor, welche jedoch nur mindere Korkqualitäten liefert. Bis zum 3. Jahre bleibt die Epidermis erhalten, dann erst bildet sich Kork. Wenn die Stämme etwa 10 cm dick geworden sind, wird diese Korkschichte (der sog. männl. Kork) abgenommen. Er ist hart, spröde und zu Stöpseln oder dergl. unverwendbar. In den folgenden Jahren entsteht der weiche, elastische (sogen. weibliche Kork). Nach Verlauf von etwa 8—10 Jahren ist die Korkschichte so dick geworden, daß sie abgeschält werden kann. Die Schälung wird dann alle 8—10 Jahre wiederholt, bis der Baum etwa 150 Jahre alt geworden ist. Die abgelösten Korkplatten sind 0.3—0.8 m² groß und von 5 bis zu 20 cm dick. Sie werden an der Außenseite von den anhaftenden Moosen etc. gereinigt, kurze Zeit in siedend heißes Wasser getaucht, behufs Quellung und Erweichung, sodann flach ausgebreitet, gepreßt, getrocknet und in Ballen verpackt. Geschieht das Trocknen über freiem Feuer, so wird die Außenseite dabei etwas gesenkt; die Ware heißt dann schwarzer Kork, zum Unterschied von dem an der Sonne getrockneten weißen Kork.

Die Außenseite der Korkplatten ist rauh und besitzt Längsrisse, während die Innenseite glatt erscheint und mit radialen Poren (Lenticellen) versehen ist. Je weniger Poren vorhanden sind, desto wertvoller ist der Kork. Am Querschnitt tritt die Begrenzung der Jahresringe durch dunklere wellige Linien hervor. Die Farbe des Korkes ist grau, gelbrot bis rötlich.

Die Korkzellen sind 5—6seitige, mit Luft gefüllte Prismen. Die Zellwand besteht nach Höhnel aus 5 Lamellen, von welchen die mittlere aus stark verholzter Zellulose, die beiden unmittelbar anschließenden aus Suberin mit wenig Zellulose und die beiden äußeren aus schwächer verholzter Zellulose gebildet sind.

Der charakteristische Bestandteil des Korkes ist das „Suberin“, welches in einer Menge von 70 bis 80% vorhanden ist. Es besteht der Hauptsache nach aus einem Gemenge von talg- und wachsartigen Stoffen, mit einer nichtfettigen Substanz. Ferner sind im Kork vorhanden: Gerbsäure, Phlobaphen, Phloroglucin, 1—3% Stickstoff und 0.5% Asche. Lufttrockener Kork enthält circa 4—5% Wasser.

Die wichtigsten Eigenschaften des Korkes sind: seine Elastizität, Undurchlässigkeit für Flüssigkeiten und Gase, Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse, außerordentliche Leichtigkeit und sehr geringes Wärmeleitungsvermögen. Die hauptsächlichste Verwendung findet der Kork bekanntlich für Stöpsel.

Feine Korke für Laboratoriumszwecke, Champagnerflaschen usw. müssen so geschnitten sein, daß die Porenkanäle senkrecht zur Stöpselachse stehen, um einen vollkommen dichten Abschluß zu erzielen. Alle anderen Verwendungen (für Schuhsohlen, Schwimmgürtel, Fischereiartikel, elastische Unterlagen u. dgl.) sind von geringerem Belang. Dagegen finden die Kork-

abfälle, welche sich beim Zuschneiden der Stöpsel ergeben, ausgedehnte Anwendung zur Erzeugung von Korksteinen und Linoleum. Die Abfälle werden zerkleinert mit einem Bindemittel vermengt und in Formen gepreßt. Korksteine werden als Wärmeschutz-Umhüllungen für Kalt- und Warmwasser-Leitungen und Reservoire, für Dampfleitungen, Trockenlegung und Isolierungen für Mauerwände und dgl. verwendet.

Linoleum wird hergestellt, indem man Leinöl durch Kochen mit Salpetersäure oxydiert, Korkpulver und Farbmaterialien einrührt, die so erhaltene Masse in dünner Schichte auf ein Gewebe aufträgt und in heißer Luft weiter oxydiert, wobei sie fest wird. Linoleum dient als Fußboden- und Stiegenstufenbelag, ist sehr dauerhaft und läßt sich leicht reinigen. Kamptulikon (Kortizin), ebenfalls ein Fußbodenbelag, wird hergestellt aus einem Gemenge von Korkabfällen mit Kautschuk, Guttapercha oder eingedicktem Leinöl, in Form von Platten. „Spanisch Schwarz", eine schwarze Farbe, ist Korkkohle.

d) Gallen[1]).

§ 5. Die Gallen oder Galläpfel sind krankhafte Gebilde von mehr oder minder kugeliger Gestalt und Erbsen- bis Walnußgröße, die auf Blättern und jungen Zweigen einiger Pflanzengattungen, besonders aber auf Eichen vorkommen. Sie entstehen durch den Stich der Gallwespe, von welchen es mehrere Arten gibt. Dieselbe durchbohrt mit ihrem Legestachel die Haut der Blätter oder jungen Pflanzenteile und deponiert in die Stichwunde ein befruchtetes Ei. An dieser Stelle bildet sich durch Saftausfluß und Zellenerweiterung eine Anschwellung, welche die entstehende Larve umschließt und derselben Nahrung bietet, bis das ausgewachsene Insekt die Hülle durchbohrt und verläßt. Solange das Insekt seine Behausung noch bewohnt, also noch nicht durchbohrt hat, sind die Galläpfel schwärzlich oder blaugrau, höckerig, hart, schwer, sehr gerbstoffreich und besitzen im Innern eine Höhlung mit der mehr oder minder entwickelten Gallwespe. Die bereits durchbohrten Galläpfel sind blaßgelblichgrau, glatt, schwammig, leicht und enthalten weniger Gerbstoff. Demnach werden im Handel schwarze und weiße Galläpfel unterschieden.

Der wertvolle Bestandteil der Gallen ist die eisenbläuende Gallusgerbsäure (Tannin), welche beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure und Kalilauge Gallussäure liefert:

$$\underbrace{C_{14}H_{10}O_9}_{\text{Tannin}} + H_2O = \underbrace{2C_7H_6O_5}_{\text{Gallussäure}}$$

Gute Galläpfel enthalten im lufttrockenen Zustand gegen 60% Tannin. Am reichsten sind die chinesischen Gallen, deren Gerbstoffgehalt je nach dem Alter zwischen 59 und 77% schwankt.

Der Stickstoffgehalt der Gallen ist gering. Als weitere Bestandteile sind zu nennen: Dextrose, Stärke, Gummi, fettes Oel, Chlorophyll, Mineralstoffe und Wasser.

Der Aschengehalt beträgt 1½—2%. Der Wassergehalt ist in der frischen Galle über 80, in der lufttrockenen etwa 12%.

Nach ihrer Herkunft werden unterschieden:

1. Die kleinasiatischen Galläpfel, von einer strauchartigen Eiche (Quercus lusitanica) abstammend, welche kaum 2 m hoch wird. Der Stich rührt von der Wespe „Cynips gallae tinctoriae" her. Diese Galläpfel sind kugelig bis eiförmig, mit mehr oder weniger spitzen Höckern.

Die beste Sorte sind die aleppischen, von 2½ cm Durchmesser, dunkelgrün bis schwärzlich; Gerbstoffgehalt bis zu 60 Proz. Mindere Sorten sind die mossulischen von etwas hellerer Farbe, die smyrnaer mit 3—5 cm Durchmesser, gelblich gefärbt und durchbohrt, Tanningehalt nur 20—30 Proz., und die Bassora-Gallen (oder Sodomaäpfel), von ungefähr 4 cm Durchmesser, braun gefärbt, sehr leicht und durchbohrt, Tannin-Gehalt im Mittel etwa 27 Proz.

2. Die europäischen Galläpfel sind kleiner als die vorgenannten und stammen von anderen Eichenarten. Hierher gehören: die Moreagallen von Qu. Cerris, mit circa 30 Proz. Gerbstoff; die Istrianer-Gallen von Qu. Ilex, bis zu 40 Proz. Gerbstoff; die kleinen ungarischen Gallen von Qu. sessiliflora und Qu. pedunculata, nur 1 cm groß; die großen ungarischen Gallen

1) Ausführlich behandelt von Dr. W. Figdor in Wiesners „Rohstoffe des Pflanzenreiches".

von $1^1/_2$ bis $3^1/_2$ cm Durchmesser; die mitteleuropäischen Gallen von verschiedenen Eichenarten, 1—$2^1/_2$ cm groß, mit etwa 15% Gerbstoff.

Eine besondere Art von Gallen sind die Knoppern. Die echten ungarischen Knoppern sind Auswüchse, welche durch den Stich der Gallwespe „Cynips calicis", und zwar an den jungen Früchten von Quercus pedunculata und Qu. sessiliflora entstehen. Während die Eichel in ihrer Entwicklung zurückbleibt, bilden sich an ihrer Außenseite Auswüchse, welche bisweilen so groß werden, daß sie selbst den Grund der Eichel umschließen. Diese Gebilde sind gelbbraun gefärbt, unförmig, eckig und werden bis zu 4 cm groß. Sie werden in den Eichenwaldungen Ungarns, Slavoniens und der Bukowina vom August bis Oktober gesammelt und bilden ein vortreffliches Gerbmaterial, welches nach Eitner 24—35% Gerbstoff enthält.

Die levantinischen Knoppern oder Valonen sind die becherartig verwachsenen Deckblätter der Früchte einiger im südlichen Europa, Kleinasien und Syrien einheimischen Eichenarten. Ihr Gerbstoffgehalt soll bis zu 45% betragen.

3. Die chinesischen Galläpfel stammen nicht von Eichen, sondern von einigen Rhus-Arten und sollen durch den Stich von Blattläusen hervorgerufen werden. Es sind feste, ziemlich lichte, blasenartige Gebilde von der Größe einer Hasel- bis Walnuß, sehr unregelmäßig geformt und mit Höckern versehen. Sie kommen auf den Blattstielen, Fiederblättchen oder Zweigspitzen vor und weisen einen sehr hohen Gerbstoffgehalt, bis zu 77% auf.

Auch auf einigen Pistacia- und Tamaria-Arten finden sich erbsen- bis nußgroße Gallen, die von Marokko, Algier, Persien, Arabien und Indien aus in den Handel gebracht werden.

II. Konservierung des Holzes.

§ 6. Allgemeines. Das Holz ist verschiedenen nachteiligen Veränderungen ausgesetzt. Durch Wasser-Abgabe und -Aufnahme erfährt es Gestaltsveränderungen, welche als Schwinden, Werfen und Reißen bezeichnet werden und namentlich im zugerichteten und fertig bearbeiteten Holze gefürchtet sind. Verschiedene Insekten zerfressen das Holz, bohren Gänge in dasselbe, wobei das sogenannte Wurmmehl entsteht; einige derselben treiben dieses Zerstörungswerk nicht nur im lebenden Baume, sondern setzen es auch noch in den bearbeiteten Holzgegenständen fort.

Mikroorganismen pflanzlicher Natur zersetzen das Holz und veranlassen Fäulnis, Verwesung und Vermoderung desselben, wodurch allmählich eine Lockerung des Gefüges, schließlich aber der gänzliche Zerfall der Holzsubstanz herbeigeführt wird. Endlich wird das Holz auch von höher organisierten Pilzen befallen und zerstört, unter denen vor allen der echte „Hausschwamm" (Merulius lacrymans) der gefürchtetste ist.

An allen diesen Schädigungen nimmt der Holzsaft, u. zw. sowohl das Wasser wie auch die in demselben gelösten Bestandteile, als Nahrungsstoffe für die tierischen und pflanzlichen Schädlinge, einen hervorragenden Anteil. Aber auch die Bestandteile des Holzskelettes sind als Nährsubstrate für diese Kleinlebewesen nicht zu übersehen, wie ja dies die Vorgänge bei der Zerstörung organischer Substanz in der Natur alltäglich lehren.

W. Omelianski[1]) ist es gelungen, die anaëroben (luftscheuen) Erreger der Wasserstoff- und Methan-Gärung der Zellulose in Reinkultur zu züchten, zwei Stäbchen-Bakterien, welche sich in ihrem Jugendzustande nur durch ihre Größe und Form der einzelnen Stäbchen unterscheiden, später aber — zur Zeit der Sporenbildung — dieselbe Gestalt (eines Trommelschlägels) annehmen. Der Methan-Bacillus ist in allen seinen Abmessungen zarter als der Wasserstoff-Bacillus.

Physiologisch charakterisieren sie sich dadurch, daß die Methan-Bazillen die Zellulose in Methan, Kohlensäure und flüchtige organische Säuren (der Hauptmenge nach Essigsäure und Buttersäure) zerlegen, während die Wasserstoff-Bazillen, an Stelle des Methans, Wasserstoff abspalten.

Auch aërobe Bakterien vermögen die Zellulose zu spalten ebenso wie denitrifizierende, welche in Gegenwart von Zellulose Nitrate zu Nitriten reduzieren, die Zellulose selbst aber in gleicher Weise zersetzen, wie die anaëroben. Das Gleiche gilt auch von gewissen Schimmelpilzen.

Welcher Art die Einwirkung der Mikroorganismen auf die Zellulose ist, konnte bis nun mit Sicherheit noch nicht festgelegt werden; doch dürften auch hier, wie z. B. bei der Kei-

1) Lafar, Handb. der techn. Mykologie, III. Bd. Jena 1904—1906.

mung der Samen höherer Pflanzen, Zellulose lösende Enzyme (Cytasen oder Zellulasen) die vollständige Zerlegung der Zellulose vorbereiten. Auch das Mycel des Hausschwammes scheint mittelst einer Cytase die Zellulose zu lösen, um sie dann vielleicht auch als Nahrstoff zu benützen, jedenfalls aber um sich so den Eingang durch die Zellwandungen in das Holzinnere zu bahnen.

Die bekannten Erscheinungen der Trockenfäule, Rotstreifigkeit, des Blau-, Grau- oder Braunwerdens des Rohholzes, der staubigen Verwesung desselben etc. haben alle ihren Grund in Pilzwucherungen oder der Arbeit von Mikroorganismen überhaupt, deren Erreger zum Teil schon bekannt sind, zum Teil aber noch der Bestimmung harren.

Um nun das Holz vor allen den genannten Schädigungen zu bewahren, wird es für viele Zwecke schon genügen, den in ihm enthaltenen Ueberschuß an Wasser soweit abdunsten zu lassen, daß das Holz als gut lufttrocken gelten kann. Solch trockenes Holz, eventuell noch mit einem dichten Ueberzug versehen, wird sich in trockener Luft, z. B. unter Dach, viele Dezennien hindurch konservieren. Befindet sich dagegen das Holz im Freien, so ist es von geringer Dauer, und am schnellsten unterliegt es der Zersetzung im Boden, wo es oftmals durchnäßt wird, ohne inzwischen gehörig austrocknen zu können. Anaerobe Bakterien finden hier ein geeignetes Feld und es ist dann in diesem Falle die Entfernung des Wassers resp. Zellsaftes allein nicht ausreichend, sondern bakterizide Mittel, Antiseptika, müssen in Anwendung gebracht werden, wenn man auf eine selbst nur mäßige Dauer des Holzes reflektiert.

Dementsprechend sind denn auch die Methoden und Mittel, welche man zur Holzkonservierung anwendet, dem speziellen Zweck entsprechend verschieden.

Die Methoden, welche zur Konservierung des Holzes in Anwendung kommen, sind folgende:

1. Das Trocknen;
2. Das Auslaugen;
3. Das Dämpfen;
4. Die Umhüllung;
5. Die Imprägnierung.

§ 7. 1. Das Trocknen. Es ist dies die einfachste und ganz allgemein angewandte Methode der Holzkonservierung.

Bleibt Holz im zugerichteten oder wenigstens entrindeten Zustande an der Luft liegen, so verliert es fortwährend an Wasser, bis ein gewisser Gleichgewichtszustand zwischen dem Wassergehalte der Atmosphäre und der Hygroskopizität des Holzes eingetreten ist. In diesem Zustande nennt man das Holz lufttrocken. Dasselbe enthält dann noch 10—18 % Wasser. Die Zeit, welche das Holz braucht, um lufttrocken zu werden, ist in erster Linie von der Zurichtung abhängig. Die gewöhnlichste Art der Zurichtung des Werkholzes ist die Bretterform, und diese ist für die Trocknung sehr gut geeignet, wenn die Aufschichtung so geschieht, daß sich die einzelnen Bretter tunlichst wenig berühren und Luft überall frei durchstreichen kann. Sind die Bretterstöße im Freien aufgestellt, was in der Regel der Fall ist, so sollen sie durch ein übergreifendes Bretterdach gegen direkte Benässung und gegen Sonnenbrand geschützt sein. Auch unter günstigen Bedingungen dauert es aber einige Monate, bis die Bretter lufttrocken geworden sind. Faßholz wird, zu Rohdauben zugeschnitten, in gleicher Weise in Stößen aufgeschichtet, an der Luft getrocknet. Bei Holz von stärkeren Dimensionen, „Pfosten oder Rundholz", geht die Austrocknung naturgemäß langsamer vonstatten. Das größte Hindernis der Austrocknung des Holzes in ganzen Stämmen ist die Rinde, welche einen fast dichten Abschluß bildet. Berindete Stämme werden selbst nach jahrelanger Aufbewahrung nicht lufttrocken und unterliegen schon nach kurzer Zeit der Zersetzung. Ganz besonders ist dies bei sehr wasserreichen Holzarten, wie z. B. Birke der Fall.

Um die Trocknung zu beschleunigen, wird zuweilen auch künstliche Erwärmung angewendet.

Die Trocknung geschieht in eigenen Trocken-Kammern oder -Kanälen, in welchen das zu trocknende Holz liegend und quer auf die Zugrichtung so eingeschichtet wird, daß die Luft zwischen den einzelnen Stücken ungehindert zirkulieren kann. Kammern mit direkter Heizung, wobei das zu trocknende Holz mit den Heizgasen in Berührung kommt, sind veraltet und nur für Hölzer, welche keine feinere Zurichtung erfahren, anwendbar. In allen anderen Fällen muß in Kammern mit Dampf- oder Heißluftheizung getrocknet werden.

Die Größe des Trockenraumes ist der Länge des Holzes und der geforderten Leistung angepaßt. Sehr große Räume sind nicht zweckmäßig, weil die Erwärmung und Austrocknung keine gleichmäßige ist. Für sehr große Leistungen ist es besser, mehrere Kammern oder Kanäle anzuwenden. Gewöhnlich geht man nicht über 300 bis 400 m^3 hinaus, wovon $^1/_3$ auf die Holzfüllung und $^2/_3$ auf den Luftraum entfallen. Häufig ist aber der Gesamtraum viel kleiner. Die Grundfläche ist länglich viereckig. Die Kammern sind aus Mauerwerk oder aus Holz hergestellt. Im letzteren Falle muß für gute Isolierung durch Doppelwände mit schlecht leitendem Füllmaterial gesorgt sein.

Bei Dampfheizung wird unter dem Lattenfußboden der Kammer ein Rippenheizrohrsystem gelegt, an welchem die vorüberstreichende Außenluft sich erwärmt und zwischen den Latten in den Trockenraum aufsteigt. Zur Heizung dient in der Regel Auspuffdampf von der Betriebsmaschine und ist durch Einschaltung einer Sicherungsvorrichtung dafür gesorgt, daß ein schädlicher Rückstoß auf die Dampfmaschine nicht erfolgt. Das Heizrohrsystem hat ein schwaches Gefälle, damit das Kondenswasser ablaufen kann. Dampfheizung ist nur bei Fabrikanlagen zweckmäßig, in denen man die Wärme des Auspuffdampfes ausnützen will. Häufig reicht aber derselbe für sich allein nicht, so daß auch noch direkter Kesseldampf zu Hilfe genommen werden muß, was diese Art der Heizung unökonomisch macht.

Die Heißluftheizung ist in den meisten Fällen vorzuziehen. Davon gibt es zwei Varianten: die Ofenheizung und die Kanal- oder Rohrheizung.

Bei ersterer wird der Heizapparat (Ofen oder Kalorifère) entweder unterhalb oder seitlich neben der Trockenkammer aufgestellt. Die Heizvorrichtung besteht aus dem gemauerten Feuerherd, an welchen sich ein gußeiserner Rippenheizkörper anschließt. Die Außenluft streicht an dem Heizkörper vorbei und gelangt durch Zugöffnungen in den Trockenraum.

Bei der Kanalheizung ziehen die Heizgase durch einen dünnwandigen Chamottekanal mit daranschließendem Blechrohrsystem. Der Feuerherd liegt außerhalb der Kammer in dem Boden vertieft, während der Feuerzug unter dem Lattenboden des Trockenraumes verläuft und in den Kamin einmündet.

Die Ventilation des Trockenraumes muß durch Schieber, Klappen oder Jalousien regulierbar sein und erfolgt entweder durch den natürlichen Zug oder auf mechanischem Wege. Im ersteren Falle ist ein entsprechend hoher und weiter Dunstschlot erforderlich. Um den Effekt desselben zu erhöhen, führt man das Rauchrohr, durch welches die Essengase vom Heizapparat entweichen, ein. Auch ist es zweckmäßig, eine drehbare Haube mit seitlicher Ausströmung und Windfahne auf dem Schlot anzubringen. Diese Haube verhindert einen Rückstau bei windigem Wetter und wirkt immer saugend, gleichgültig von welcher Richtung der Wind auch kommen mag.

Trotz dieser Vorkehrungen ist aber die Ventilation durch den Dunstschlot doch immer von der Temperaturdifferenz zwischen Trockenraum und Außenluft abhängig. Es ist daher dort, wo man eine bewegende Kraft zur Verfügung hat, die Lüftung auf mechanischem Wege, durch Einblasen oder Absaugen der Luft, vorzuziehen, weil man damit in der Lage ist, die Geschwindigkeit der Luftströmung nach Bedarf zu regulieren.

Es gibt Trockenanlagen für periodischen und solche für kontinuierlichen Betrieb. Bei ersteren, den Trockenkammern, wird das zu trocknende Holz eingeschichtet und nach vollendeter Trocknung der Raum abkühlen gelassen und entleert. Bei kontinuierlicher Arbeit, der Kanaltrocknung, wird das Holz auf Rollwagen regelrecht verladen, an der rückwärtigen Stirnseite des Kanals eingefahren, je nach dem Grade der Trocknung allmählich gegen die Richtung des Luftzuges nach der wärmeren Zone vorgeschoben und am anderen Ende des Kanals ausgefahren. Für jeden herausgerollten Wagen wird an der anderen Stirnseite ein mit frischem Holze beladener eingeschoben, so daß der Kanal immer voll beschickt ist.

Bei der künstlichen Holztrocknung sind folgende Momente zu beachten:

1. Das Holz darf nur bei mäßiger Temperatur getrocknet werden. Je feuchter das Holz ist, desto langsamer muß die Trocknung erfolgen. Zu rasches Erwärmen hat ein Werfen und Reißen des Holzes zur Folge. Als Maximaltemperatur gilt 50—60° C.; in der Regel wird aber bei 35—40° C. fertig getrocknet.

2. Die Ventilation darf keine zu starke sein; es genügt, wenn in etwa 5 Minuten die Luft einmal erneuert wird. Uebrigens hängt dies hauptsächlich vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft ab. In sehr trockener Luft geht die Verdunstung des Wassers zu rasch von statten und ist ein Rissigwerden des Holzes zu befürchten.

3. Das Holz muß nach der Trocknung noch etwa 10—12 % Wasser enthalten. Vollständig ausgetrocknetes Holz ist spröde, läßt sich schlecht bearbeiten, zieht begierig Feuchtigkeit an und ist dadurch dem Schwinden ausgesetzt.

4. Die Zeitdauer der Trocknung ist verschieden, je nach der Form und Größe der Holzstücke, dem Feuchtigkeitsgehalte und nach der Holzart. Für Bretter und Hölzer von geringem Querschnitt überhaupt können 3—5 Tage, für stärkere Dimensionen 8—10 Tage gelten.

Nach einem amerikanischen Patente wird die aus dem Trockenraum kommende, mit Feuchtigkeit beladene Luft in einen Kondensator geleitet, um das Wasser durch Abkühlung niederzuschlagen. Die teilweise entwässerte Luft kehrt durch den Heizapparat wieder in den Trockenraum zurück, so daß mit ein und derselben Luftmenge die Trocknung zu Ende geführt wird. Anfänglich wird die Luft nur wenig entwässert, so daß sie noch mit einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt in die Kammer eintritt. Je weiter die Trocknung des Holzes fortschreitet, desto mehr wird auch die Luft entwässert. Es soll dadurch einer zu raschen Trocknung und dem damit verbundenen Schwinden und Reißen des Holzes vorgebeugt werden.

Dieses Verfahren ist nur dort anwendbar, wo große Wassermengen für die Kondensation zur Verfügung stehen, und hat überdies noch den Nachteil, daß die Luft stark abgekühlt und dann wieder erwärmt werden muß. Der gleiche Zweck läßt sich einfacher und billiger erreichen, wenn die aus der Kammer abgesaugte, feuchte Luft mit einem gewissen sukzessive steigenden Anteil von frischer Außenluft gemischt wird.

§ 8. 2. Das Auslaugen. Es hat den Zweck, den Zellsaft zu entfernen. Auch wird dadurch die hygroskopische Eigenschaft des Holzes abgeschwächt; es wird eher lufttrocken, schwindet weniger und gleichmäßiger. Die einfachste Methode des Auslaugens besteht darin, daß man zugeschnittenes, oder wenigstens von der Rinde befreites Holz längere Zeit, mindestens einige Monate, in fließendem Wasser liegen läßt. Die Auslaugung kann nur durch Diffusion erfolgen und geht daher außerordentlich langsam vor sich. Stärkere Stämme müssen sogar mehrere Sommer hindurch unter Wasser liegen bleiben. Zum Auslaugen soll nur frisch gefälltes Holz verwendet werden. Bleibt dasselbe längere Zeit an der Luft liegen, so werden gewisse Saftbestandteile unlöslich. Der Effekt des Auslaugens mit kaltem Wasser ist aber, selbst auch bei frisch gefälltem Holze, kein sehr erheblicher. An eine vollständige Entfernung aller löslichen Bestandteile des Holzes ist nicht einmal bei schwächeren Stücken zu denken.

Besser gelingt die Auslaugung mit kochendem Wasser, welche jedoch nur bei kleineren Holzstücken (Schindeln, Drechsler- und Wagnerholz) anwendbar ist. Als Schutzmittel gegen die Zersetzung des Holzes ist das Auslaugen nur von untergeordneter Bedeutung; dagegen leistet es aber zur Verhinderung des Schwindens und Reißens gute Dienste.

§ 9. 3. Das Dämpfen. In jeder Beziehung effektvoller als das Auslaugen ist das Dämpfen des Holzes.

Man benützt hierzu meist einen starkwandigen Holzkasten von 3—4 m Länge, 1½—2 m Breite und Höhe, welcher mit Eisenspangen und Zugankern zum Nachziehen zusammengehalten wird. Zur Dichtung der Stoßfugen benützt man Hanf- oder Zellulosepackung. Die beiden Stirnwände sind behufs Beschickung und Entleerung des Kastens zum Abnehmen eingerichtet und werden durch Eisenschienen mit umlegbaren Schraubenbolzen festgehalten. Die Dichtung

geschieht in gleicher Weise wie bei den Stoßfugen. Der Kasten ist auf Polsterhölzer, etwas geneigt gestellt und an der tiefsten Stelle mit einem Ablaufhahn für das Kondenswasser versehen. Am entgegengesetzten Ende des Kastens mündet das Dampfzuleitungsrohr ein. Um an Dampf zu sparen, muß möglichst viel Holz in den Kasten eingebracht werden, wobei jedoch zu beachten ist, daß sich die Flächen der einzelnen Holzstücke tunlichst wenig berühren. Bretter werden hochkantig eingestellt.

Nachdem der Kasten beschickt und verschlossen ist, wird mit der Dämpfung begonnen. In den ersten Stadien ist das ablaufende Kondenswasser ziemlich klar und nur wenig gefärbt; später wird es trübe, dunkelgefärbt und besitzt einen eigentümlichen Holzgeruch von den ausgelaugten Extraktivstoffen. Man setzt das Dämpfen so lange fort, bis das Kondenswasser klar und farblos abläuft, zum Beweis, daß die Auslaugung, soweit sie überhaupt hier gelingt, beendet ist. Die Dämpfung nimmt je nach den Dimensionen der Holzstücke 40—80 Stunden in Anspruch. Ein Ueberdruck kann natürlich in einem Holzkasten nicht angewendet werden, und wäre auch nicht zweckmäßig, weil das Holz dadurch an Festigkeit verliert. Nach dem Dämpfen wird das Holz an der Luft oder in einem Trockenapparat ausgetrocknet. Statt der Holzkästen verwendet man auch gemauerte oder eiserne Dämpfapparate.

Durch die Einwirkung des Dampfes verändert das Holz seine Farbe und wird im allgemeinen dunkler. Buchenholz wird braun, Eichenholz schwarzbraun, Ahorn rötlich, Kirschbaum gelb bis rot usw. Gedämpftes Holz ist dem Werfen und Reißen weniger ausgesetzt, trocknet rascher und besitzt ein geringeres spez. Gewicht als nicht gedämpftes von gleichem Trockenheitsgrade. Im noch warmen, durchfeuchteten Zustande, wie es aus dem Dampfkasten kommt, ist es biegsam und behält die gegebene Form auch nach dem Erkalten und Trocknen bei. Von diesem Verhalten wird bei der mechanischen Bearbeitung des Holzes für die Möbelfabrikation, Wagenbau, Schiffbau, Faßfabrikation etc. die ausgedehnteste Anwendung gemacht.

Eine andere Art der Dämpfung, welche zugleich eine Trocknung des Holzes bewirkt, wurde zuerst in Amerika eingeführt und beruht auf der Anwendung überhitzten Wasserdampfes. Das Holz wird in einen starkwandigen, mit einer Wärmeschutzhülle umgebenen Eisenkessel gebracht und gespannter Dampf eingeleitet. Der Dampf passiert vor dem Eintritt in den Kessel ein Röhrensystem, in welchem er nicht nur getrocknet, (d. h. von dem mitgerissenen Wasser befreit), sondern auch überhitzt wird. Im Anfang wird der Zellsaft durch den Dampf verdrängt und mit dem Kondensationswasser abgelassen. Bei längerer Einwirkung des überhitzten Dampfes kann das Holz auf einen Feuchtigkeitsgehalt von 10% gebracht werden. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß die dem Holze schon vom Walde her anhaftenden parasitischen und saprophytischen Pilze unschädlich gemacht werden, daß ferner ein Rissigwerden des Holzes nicht eintritt. Dagegen aber sind als Nachteile zu bezeichnen: 1. Die großen Anlagekosten, 2. der unverhältnismäßig große Wärmebedarf, und 3. der Umstand, daß das Holz bei diesem Verfahren sehr bedeutend an Festigkeit verliert.

§ 10. 4. Die Umhüllung des Holzes: a. Durch Polieren mit Schellack oder Wachs; b. durch Anstrich mit Firniß, Lack, Teer und Teerpräparaten, sowie das Ueberziehen mit Wasserglas; c. durch Ankohlen.

a. Das Polieren dient mehr zur Verschönerung und nur nebenbei zur Konservierung des Holzes. Die gewöhnliche Holzpolitur ist eine weingeistige Lösung von Schellack, welche mit einem zusammengeballten Lappen auf das vorerst glattgeschliffene Holz, unter Zugabe von ganz wenig Oel eingerieben wird. Zum Polieren der getäfelten Fußböden (Parketten) dient Wachs, dem etwas Terpentinöl zugesetzt ist. Das Einreiben geschieht mit steifen Bürsten. Auch Möbel werden auf diese Art poliert. Die Wachspolitur besitzt weniger Glanz, läßt sich aber leichter auftragen und mit weniger Mühe auffrischen als die Schellackpolitur.

b. Der Anstrich hat den Zweck, das Holz gegen Feuchtigkeitsaufnahme (und damit auch gegen das Schwinden und Reißen) zu schützen, ferner das Eindringen der Pilze zu verhindern. Häufig beabsichtigt man damit auch noch, den Holzgegenständen ein gefälligeres Ansehen zu erteilen. Jeder wie immer geartete Anstrich wirkt nur dann konservierend, wenn das Holz zuvor gut lufttrocken geworden ist. Auf feuchtem Holze ist er geradezu verderblich, weil die Austrocknung dadurch verhindert wird und das Holz um so schneller der Verderbnis unterliegt. Die gebräuch-

lichsten Anstrichmittel sind die Oelfarbenfirnisse, welche durch Zusammenreiben der Farben mit Leinölfirnis hergestellt werden.

Das Leinöl gehört zu den trocknenden Oelen; es besitzt die Eigenschaft, Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen, sich dabei zu verdicken und in dünnen Schichten ganz fest zu werden. Die Verdickung erfolgt viel rascher, wenn man das Leinöl durch Erwärmen auf 250° C. künstlich oxydiert und mit Metallverbindungen verreibt, welche sich darin lösen. Es dienen hiezu hauptsächlich Blei- oder Manganverbindungen. Am besten eignen sich die Harzseifen dieser beiden Metalle, die sich schon bei weniger hoher Temperatur (130—150° C.) in Leinöl leicht und vollständig lösen. Diesen Zusatz nennt man Sikkativ; er ist ein geringer, auf Metall berechnet 0,1% Mangan oder 0,5% Blei. Ein derartig präpariertes Leinöl heißt Firnis. Anstatt Leinöl werden zuweilen auch andere trocknende Oele, namentlich Nuß- und Mohnöl verwendet. Die beigemengten Farben geben dem Firnis eine größere Konsistenz und Deckfähigkeit. Um das Anstreichen zu erleichtern, setzt man dem Firnis etwas Terpentinöl zu. Er wird dadurch dünnflüssiger, läßt sich leichter auftragen, trocknet aber langsamer.

Das Anstreichen mit Teer ist nur für roh bearbeitete Holzgegenstände anwendbar und nur dort empfehlenswert, wo dieselben gegen die Einwirkung der direkten Sonnenstrahlen geschützt sind, also hauptsächlich für Hölzer, welche in den Boden oder unter Wasser kommen. Bei direkter Bescheinung durch die Sonne wird durch die schwarze Farbe des Teers viel Wärme absorbiert und das Holz infolgedessen leicht rissig. Steinkohlenteer eignet sich als Anstrichmittel besser als Braunkohlen-, Torf- oder Holzteer.

Um einen haltbaren, gut deckenden und bald erstarrenden Anstrich zu bekommen, muß der Teer in einem Kessel soweit eingedickt werden, daß er in der Wärme noch genügend flüssig ist, beim Erkalten jedoch sehr zähe wird und bald erstarrt. Ein geringer Zusatz von gebranntem und zu trockenem Pulver abgelöschten Kalk erhöht die Konsistenz des Teeres. Auch ein Zusatz von Zement soll sich gut bewähren.

Der Teeranstrich ist dauerhaft und gewährt einen guten Schutz gegen das Eindringen von Feuchtigkeit; eine wesentlich antiseptische Wirkung ist ihm aber nicht zuzuschreiben. Auch dringt der Teer vermöge seiner schmierigen Beschaffenheit nicht in das Holz ein.

Von Teerpräparaten, welche als Anstreichmittel Verwendung finden, sind vor allem das Karbolineum und das Antinonnin zu nennen.

Karbolineum ist ein Teeröl, welches etwa 10—15% Kresole (pag. 573) enthält; das Uebrige sind indifferente Kohlenwasserstoffe. Es ist licht- bis tiefdunkelbraun gefärbt, riecht stark nach Teer, hat ein spezifisches Gewicht von 1,13—1,19 und einen Siedepunkt von 250 bis über 360° C. Es eignet sich als Anstrichmittel für Pfähle, Zäune, Schleusen, Brückenhölzer u. dgl. sehr gut. Der Gehalt an Kresolen soll 15% nicht übersteigen, da sonst die Holzfaser angegriffen wird.

Antinonnin besteht dem Wesen nach aus Dinitrokresolkalium $C_6H_2(NO_2)_2 . CH_3 . OK$ welchem Glyzerin, Seife oder andere Stoffe zugesetzt sind, um die Explodierbarkeit, welche den Nitroprodukten eigen ist, zu benehmen. Es kommt als orangfarbige Pasta in den Handel, welche in einer Menge bis zu 5% in warmem Wasser löslich ist. In der Regel wird eine 2prozentige Lösung angewendet und wenn der erste Anstrich trocken geworden ist, ein zweites und eventuell auch ein drittes Mal gestrichen. Antinonnin dringt in das Holz ein und wirkt ausgezeichnet antiseptisch. Es wurde mit großem Erfolge als Schutzmittel gegen die Nonnenraupe angewendet, daher der Name. Gegenwärtig findet es vielfache Anwendung gegen Hausschwamm, Schimmelpilze und Bakterien. Es werden sowohl Holzwerk als auch Mauerwände damit gestrichen. Letztere übertüncht man noch mit Weißkalk oder mischt die Antinonninlösung gleich der Kalkmilch in einer Menge von 2% zu.

Der Antinonninanstrich ist vorzugsweise für solche Gegenstände zu empfehlen, welche sich unter Dach befinden, während Karbolineum für Holzwerk im Freien sich besser eignet. Ersteres ist nahezu geruchlos, wird aber leicht ausgewaschen, letzteres hingegen ist widerstandsfähig gegen die Einwirkung von Wasser, hat aber den Nachteil, daß es einen starken Geruch besitzt, der in geschlossenen Räumen unangenehm zur Geltung kommt.

Es gibt noch eine ganze Reihe anderer Präparate, bezw. Mischungen, welche als Anstrichmittel empfohlen werden. Ein häufig gebrauchtes Mittel dieser Art ist das Mikrosol, eine blaugrüne pastenartige Masse, welche aus einer Mischung von phenolsulfosaurem, kieselfluorsaurem und schwefelsaurem Kupfer, nebst indifferenten Beimengungen besteht. Es wird so wie das Antinonnin als 2prozentige Lösung angewendet. Auch Fluorverbindungen, so z. B. das Antipolypin, bestehend aus β-Naphtol, Natriumhydroxyd und Fluornatrium, das Montanin (Kieselfluoraluminium) u. a. werden für diesen Zweck benützt und in neuester Zeit Casein mit Formaldehyd (CH_2O), welches sich für gewisse Holzgegenstände vorzüglich bewährt.

Für manche Verwendungen wird das Holz mit Wasserglas angestrichen. Das Wasserglas ist ein Alkalisilikat, welches sich in kochendem Wasser löst und als 33- oder 66%ige Lösung in den Handel kommt. In dünnen Schichten trocknet diese Lösung an der Luft rasch und gibt einen glasartigen Ueberzug. Das Anstreichen muß 5- bis 6mal, und zwar mit immer stärkerer Lösung wiederholt werden. Der erste Anstrich wird mit etwa 15- und der letzte mit unverdünnter 66%iger Lösung ausgeführt. Ein neuerlicher Anstrich darf erst dann erfolgen, wenn der nächst vorhergegangene vollkommen trocken geworden ist. Der Wasserglasanstrich ist nur ein Flammenschutzmittel, aber kein Präservativ gegen Fäulnis und andere Arten von Zersetzungen des Holzes. Das mit Wasserglas überzogene Holz brennt nicht mit Flamme, sondern verkohlt nur, und auch die Verkohlung geht nur langsam vor sich. Als anderweitiges Konservierungsmittel ist das Wasserglas ganz untauglich, weil es durch die stark alkalische Reaktion die Holzfaser angreift und überdies den Nachteil hat, daß es unter dem Einflusse der Atmosphärilien leicht verwittert. Das Alkalisilikat wird durch die Kohlensäure der Luft zerlegt, wobei Alkalikarbonat entsteht und Kieselsäurehydrat ausgeschieden wird. Der anfänglich ganz glatte, glasartige Ueberzug wird rauh, das Alkalikarbonat, welches in Wasser leicht löslich ist, wittert aus, wird durch das Meteorwasser abgewaschen und in verhältnismäßig kurzer Zeit ist der ganze Ueberzug verschwunden. Bei Gegenständen, die sich unter Dach befinden, hält der Ueberzug etwas länger, fällt aber mit der Zeit auch ab.

Neben Wasserglas gibt es noch diverse andere Präparate, um Holz unverbrennlich zu machen. Die meisten derselben haben aber den Uebelstand, daß sie hygroskopisch sind und aus dem Holze ausschwitzen. Auch genügt ein bloßer Anstrich mit dem Flammenschutzmittel in den seltensten Fällen, sondern es muß eine entsprechende Durchtränkung des Holzes auf dem Wege der Imprägnierung platzgreifen, wenn man mit einer einigermaßen sicheren Wirkung rechnen will.

c. Das Ankohlen wurde früher, namentlich für Schiffsteile, Brückenhölzer, Telegraphenstangen und Pfähle überhaupt häufig benutzt. Gegenwärtig ist man, verschiedener Mißerfolge wegen, mehr davon abgekommen, auf den französischen Schiffswerften und in anderen technischen Etablissements wird aber das Ankohlen (nach Ledebur) noch in größerem Maßstabe betrieben. Der Erfolg ist wesentlich von der Ausführung des Verkohlens abhängig. Am besten gelingt das Ankohlen mit einer heißen, spitzen Gebläseflamme, welche stets nur eine kleine Fläche des Holzes auf einmal erhitzt und in alle Spalten und Risse eindringt. Die verkohlte Schichte soll nur ganz schwach, etwa 2—3 mm dick sein. Wird tiefer gekohlt oder eine größere Fläche auf einmal erhitzt, so entstehen zahlreiche Risse im Holze, welche das Eindringen der Feuchtigkeit und der Zersetzungsorganismen nur noch mehr begünstigen. Auch würde bei tieferem Kohlen das Holz zu sehr geschwächt. Ein entschiedener Nachteil ist die wasserhaltende Kraft der Kohlenschichte, wodurch die darunter befindliche Holzpartie immer feucht gehalten wird und der Zersetzung zugängiger ist. Dieser Umstand wirkt namentlich bei Pfählen und anderen Hölzern, welche im Erdreiche angebracht sind, nachteilig.

5. Die Imprägnierung.

a) Imprägnierungsmittel.

§ 11. Trotz der großen Zahl von Substanzen, welche für diesen Zweck empfohlen und auch versuchsweise verwendet wurden und werden, haben sich doch nur wenige dauernd praktisch bewährt.

Von einem Imprägnierungsmittel verlangt man, daß es:

1. sehr gut konservierend wirkt; 2. tief in das Holz eindringt; 3. der Auslaugung widersteht und 4. billig ist. Allen diesen Anforderungen genügt kein einziges der bisher bekannten Mittel vollkommen. Relativ am besten haben sich bewährt:

1. das Quecksilberchlorid,
2. das Kupfersulfat (Kupfervitriol),
3. das Zinkchlorid und andere Zinkpräparate,
4. das schwere Teeröl, und in neuerer Zeit
5. die Salze der Fluorwasserstoffsäure.

Das Quecksilberchlorid, $HgCl_2$, besitzt unter allen Metallverbindungen die größte antiseptische Wirkung. Zum Imprägnieren des Holzes wurde dieses Präparat zuerst von dem Engländer Kyan (1832) in Anwendung gebracht. Es wirkt schon in minimalen Mengen ausgezeichnet konservierend, kann aber: 1. des hohen Preises und 2. der außerordentlichen Giftigkeit wegen nur beschränkte An-

wendung finden. Man benützt das Quecksilberchlorid heute nur noch auf einigen kleineren Bahnen zum Imprägnieren der Schwellen. Für Hölzer zum Bau von Wohnhäusern und Stallungen ist es seiner Giftigkeit und für Hölzer zu Wasserbauten der leichten Auslaugung wegen nicht geeignet.

Der Kupfervitriol, $CuSO_4 + 5\,aq$, wirkt viel weniger antiseptisch als das Quecksilberchlorid. Er ist zwar billiger, aber für alle allgemeinere Anwendung noch immer zu teuer, zumal er möglichst rein sein soll. Der Kupfervitriol wurde von dem Franzosen Boucherie (1857) zur Holzimprägnierung empfohlen und wird hauptsächlich zur Imprägnierung von Telegraphenstangen angewendet. Für Bauhölzer, Schwellen u. dgl. ist man davon schon längst abgekommen. Mit Kupfervitriol imprägniertes Holz ist spröde und der Schimmelbildung unterworfen. Kommt derartig präpariertes Holz im feuchten Zustande mit Eisen in Berührung (z. B. durchgehende Bolzen oder Schrauben), so erfährt das Kupfersalz eine Zerlegung, es bildet sich Eisenvitriol und Kupfer wird ausgeschieden.

$$CuSO_4 + Fe = FeSO_4 + Cu.$$

Das Zinkchlorid, $ZnCl + 2\,aq$, steht bezüglich seiner antiseptischen Eigenschaften noch hinter dem Kupfervitriol, hat aber diesem gegenüber den Vorzug der Billigkeit. Es wird in den Imprägnierungsanstalten durch Auflösen von Zinkabfällen oder Zinkasche in Salzsäure dargestellt. Die Lösung darf keine überschüssige Säure und nur Spuren von Eisensalzen enthalten, muß klar sein und soll eine Konzentration von 3° B. (bei 17,5° C.) besitzen. Die mit Zinkchlorid imprägnierten Holzgegenstände vertragen Oelanstrich ganz anstandslos, was bei den mit Quecksilberchlorid oder Kupfersalz imprägnierten Hölzern nicht der Fall ist. Auch findet eine Zerlegung des Zinkchlorides durch Eisen unter gewöhnlichen Umständen nicht statt. Ein Uebelstand ist die leichte Löslichkeit des Zinkchlorides. Es wird daher so wie das Quecksilberchlorid aus dem Holze leicht ausgelaugt.

Nach einem Patente von C. B. Wiese in Hamburg wird anstatt Zinkchlorid eine heiße Lösung von β-naphtalinsulfonsaurem Zink angewendet. Diese Verbindung ist in der Wärme leicht, in der Kälte hingegen schwer löslich und wird daher bei gewöhnlicher Temperatur weniger leicht ausgelaugt als das Zinkchlorid.

Das schwere Teeröl übertrifft bezüglich seiner antiseptischen Wirkung die beiden letztgenannten Metallverbindungen weitaus und kommt dem Quecksilberchlorid nahe.

Unterwirft man Steinkohlenteer einer fraktionierten Destillation, so werden der Hauptsache nach 5 verschiedene Produkte erhalten:

1. das Leichtöl (Benzol und seine Homologen);
2. das Mittelöl (Karbolsäure und Naphtalin);
3. das Schweröl (Kresol, Chinolin, Naphtalin und Homologe);
5. Pech, als Destillationsrückstand.

Während man früher den Gehalt eines Teeröles an saueren Bestandteilen (Karbolsäure und deren Homologen) für die Holzkonservierung als allein wertvoll ansah, hat Seidenschnur [1]) nun durch eingehende Versuche den Beweis erbracht, daß auch ein von diesen, in Natronlauge löslichen, Körpern befreites Steinkohlenteeröl eine hohe desinfizierende und konservierende Wirkung besitzt. Seidenschnur gewann aus Schwellen, welche mit stark kreosothaltigem Teeröl imprägniert worden waren und nach 16jähriger Verwendung im Geleise noch keine Spur von Fäulnis zeigten, durch Extraktion ein Oel, welches fast nur aus hochsiedenden Anteilen bestand und keinerlei leichtflüchtige Körper oder sauere und basische Bestandteile enthielt. Da nun diese Schwellen, trotz des Fehlens der als eigentlich wirksam angenommenen Bestandteile des Teeröles, der Fäulnis widerstanden und noch eine Reihe von Jahren zu widerstehen vermocht hätten, so ergibt sich daraus, daß auch die neutralen, hochsiedenden Bestandteile des ursprünglich verwendeten Imprägnierungsöles eine vorzügliche antiseptische Wirkung geäußert haben, und im allgemeinen, daß die Wirkung eines gewöhnlichen Teeröles nicht aufhört, wenn die saueren Bestandteile desselben durch Auswaschen oder dgl. entfernt sind.

---

[1]) F. Seidenschnur, Zur Frage der Holzkonservierung, Chem. Ztg. 1909.

Seidenschnur hat nun, veranlaßt durch die anfänglichen Mißerfolge, welche sich beim Ersatz des Teeröles durch rohes Erdöl ergaben, seine Untersuchungen auch auf die schweren Kohlenwasserstoffe dieses letzteren ausgedehnt und ist dabei zu folgenden Resultaten gegekommen:

1. Die neutralen Bestandteile des Erdöles haben keine Holz konservierende Eigenschaften;

2. durch Behandlung (Destillation) mit Schwefel erhalten sie eine hohe antiseptische Kraft;

3. das fast nur aus neutralen und hochsiedenden Körpern bestehende Anthrazenöl ist dem an saueren Bestandteilen reichen Imprägnieröl überlegen, und

4. die antiseptische Kraft des mit Schwefelzusatz destillierten Oeles steht der des gewöhnlichen Teeröles und des Anthrazenöles um 15—20% nach.

Daraus folgt, daß in Ländern, welche über ausgiebige Erdölquellen verfügen und die das Teeröl relativ teuer bezahlen oder einführen müssen, dieses „Schwefelöl" mit Erfolg zur Konservierung des Holzes verwendet werden kann.

Die öligen Imprägnierungsmittel dringen nur im warmen Zustande gut in das Holz ein, widerstehen aber der Auslaugung durch die Atmosphärilien vortrefflich. Trotz ihres hohen Preises sind sie heute für die Imprägnierung von im Freien verwendeten Holz, namentlich Schwellen, Leitungsmasten etc. fast ausschließlich in Verwendung.

Da die Zusammensetzung der von den Destillerien auf den Markt gebrachten Steinkohlen-Teeröle eine ziemlich schwankende ist, so erlassen die Großkonsumenten von mit Teeröl imprägniertem Holz, also in erster Linie die Bahnverwaltungen, jeweilig eigene Vorschriften über die Beschaffenheit des für ihre Zwecke zu verwendenden Imprägnierungsöles.

Die bei den deutschen und österreichischen Bahnverwaltungen derzeit gültigen Vorschriften lauten:

Das Teeröl darf nur aus Steinkohlenteer erzeugt sein. Der Gehalt an saueren Bestandteilen, welche in Natronlauge vom spez. Gew. 1,15 löslich sind, muß mindestens 6% betragen. Bei der Destillation dürfen, nach deutscher Vorschrift, bis 150 ° C. höchstens 3%, bis 200 ° C. höchstens 10%, bis 235 ° C. höchstens 25% überdestillieren; nach österreichischer Vorschrift dürfen höchstens 3% unter 150 ° C., die Hauptmenge aber soll zwischen 180 und 350 ° C. überdestillieren. Die österreichische Vorschrift fordert, daß das Imprägnierungsöl bei der Imprägnierungstemperatur dünnflüssig und frei von ungelösten Stoffen sowie schmierigen Bestandteilen ist, so daß es, auf lufttrockenes Stirnholz gegossen, in dasselbe eindringt, ohne andere als ölige Bestandteile zu hinterlassen.

Das spezifische Gewicht bei 15 ° C. soll zwischen 1,01 und 1,1 liegen, nach der deutschen Verordnung zwischen 1,04 und 1,15. Nach der letzteren muß das Oel bei 40 ° C. klar sein und beim Vermischen mit gleichen Raumteilen Benzol (kristallisierbares) klar bleiben, ohne mehr als Spuren ungelöster Körper auszuscheiden. Zwei Tropfen dieser Mischung sowohl als auch des unvermischten Oeles müssen, auf mehrfach zusammengefaltetes Filtrierpapier gegossen, von diesem vollständig aufgesogen werden, ohne mehr als Spuren, d. h. ohne einen deutlichen Flecken ungelöster Stoffe zu hinterlassen.

In beiden Staaten gültig: Die Kontrolle über die Beschaffenheit des Imprägnierungsöles sowohl wie auch über die Durchführung der Imprägnierung selbst, muß den hiefür amtlich bestimmten Organen jederzeit gestattet sein.

Da — wie schon erwähnt — das Teeröl mitunter ein kostspieliges Imprägnierungsmittel ist, so hat man vielfach Versuche unternommen, dasselbe entweder teilweise durch andere billigere Mittel zu ersetzen oder es in fein verteilter Form als sog. Emulsion anzuwenden. Die Emulgierung von Teeröl gelingt leicht, bei Einhaltung ganz bestimmter Bedingungen, mit Alkaliseifen oder nach einem Patente von G. Rütgers mit Ammoniak resp. geeigneten Ammonsalzen.

Praktisch haben sich diese Mittel aber nicht bewährt, und vor allem aus dem Grund, weil durch das Sparen an Konservierungsmittel auch die Dauer und Wirkung der Konservierung beeinträchtigt wird.

Die Fluorwasserstoff-Säure und ihre Salze sind als Bakteriengifte schon lange bekannt und als solche zur Immunisierung der verschiedensten Stoffe verwendet worden.

Die Flußsäure (HF) wird durch Erhitzen von Flußspat oder Kryolith mit konzentrierter Schwefelsäure, in Platin- oder Bleiretorten erhalten.

$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2\,HF$$

Sie bildet ein rauchendes, giftiges, ätzendes Gas, welches beim Abkühlen zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtbar ist, die bei 19 ° C. siedet, bei — 102,5 ° C. erstarrt und sehr leicht in Wasser löslich ist. Flußsäure löst alle Metalle, mit Ausnahme von Gold, Platin und Blei, unter Wasserstoffentwicklung zu ihren Salzen, den Fluoriden. Glas greift sie an und bildet mit dem Hauptbestandteil desselben, dem Silicium, das Siliciumfluorid, weshalb sie nur in Platin-, Blei- oder Hartgummiflaschen aufbewahrt werden kann.

Die Fluoride sind, mit Ausnahme derer der Calciumgruppe, alle in Wasser löslich. Sie wirken weniger antiseptisch als die Flußsäure, welche aber als solche praktisch keine Verwendung finden kann. Auf die Holzsubstanz wirken weder diese noch jene schädlich.

Auf die Bedeutung der Fluoride als Holzkonservierungsmittel wurde zuerst von Malenkovic [1]) hingewiesen und von J. Netzsch [2]) wurden dieselben einer eingehenden Untersuchung unterzogen.

Derzeit stehen hauptsächlich die Fluoride der Alkalien und des Zinks in praktischer Erprobung und aus den bisher gewonnenen Resultaten ergibt sich, daß die Fluoride sowohl betreffs Wirksamkeit, wie auch in punkto Kosten den übrigen Konservierungsmitteln nicht nachstehen. Als wasserlösliche Substanzen teilen sie natürlich das Schicksal aller ihnen gleichen Mittel.

Von den vielen anderen, für spezielle Zwecke mit wechselndem Erfolg angewendeten, Mitteln seien hier nur einige wenige genannt: β naphtalinsulfosaures Magnesium, Kochsalzlösungen (Salzsole), das Fluorpräparat „Hylinit“, Kieselfluornatrium, Lösungen von Schwermetallsalzen und Alkalifluoriden, Lösungen von Harz und Harzseifen, Wachs, Paraffin, Stearinsäure, von Holzteeren mit Pectinsäure und Teeröl im Gemisch, von Kresolcalcium, Rohpetroleum etc.

Außer diesen, hauptsächlich der Konservierung des Holzes dienenden Mitteln werden noch eine Reihe von Imprägnierungsflüssigkeiten verwendet, welche entweder ein sog. Härten oder Vulkanisieren resp. ein sog. Altmachen (Senilisieren) des Holzes oder ein Feuersichermachen des Holzes bewirken sollen.

Nach einem Verfahren von Powell [3]) wird frisches oder auch trockenes Holz mit Zuckerlösung einige Zeit hindurch gekocht und dann auf 35 ° C. abkühlen gelassen, wobei die Zuckerlösung vom Holze begierig aufgesaugt wird. Nach Ablassen der überschüssigen Zuckerlösung wird heiße Luft eingeblasen und dadurch ein Erstarren und teilweises Karamelisieren des Zuckers sowie Verdampfen des im Holze enthaltenen Wassers bewirkt. Für billiges Holz wird Melasse, für feine Holzsorten, welche auch eine gute Politur vertragen sollen, wird Zucker besserer Qualität verwendet. Derart imprägniertes Holz hat eine größere Härte, Zähigkeit und Elastizität; es reißt und schwindet nicht, wirft sich nicht und ist auch gegen große Temperaturunterschiede nicht empfindlich.

In London hat sich diese Art der Imprägnierung für Holzpflaster sehr gut bewährt, welches dem mit Teeröl imprägnierten gegenüber noch den Vorzug besitzt, daß es geruchlos ist.

Die Anwendung anderer Härtungsmittel beruht meist auf der Wechselwirkung zweier oder mehrerer Stoffe, aus denen dabei unlösliche Verbindungen ausgeschieden werden, welche sich auf und zwischen den Holzfasern niederschlagen und diesen so eine größere Festigkeit und Widerstandsfähigkeit verleihen.

Als Flammenschutzmittel dienen vornehmlich die Lösungen anorganischer Salze, wie z. B.: Wasserglas, Alaun, Natrium-Wolframat-Phosphat oder -Aluminat, Ammonium-Sulfat-Phosphat-Wolframat ohne und mit Borsäure oder wasserlöslichen Zinksalzen im Gemisch, Gemische der Mineralsäuresalze mit Acetaten oder Formiaten u. a. m.

Endlich sei noch der verschiedenen Mittel zur Imprägnierung des Holzes behufs Färbung desselben gedacht.

Man bezweckt damit fast ausschließlich eine Verbesserung minderer Holzsorten für das Auge des Beschauers, also eine Verschönerung, wodurch geringerwertige Holzware für spezielle Verwendungsarten namentlich in der Bau- und Möbeltischlerei besser verwertbar wird. Diesem Zwecke dienen Imprägnierungsmittel zweierlei Art. Entweder man verwendet Lösungen von Stoffen, welche erst in Verbindung mit der Holzfaser und durch die Einwirkung des Sauerstoffes der Luft die gewünschten Nuancierungen hervorrufen (hieher gehörig die Chrom-und Eisenbeizen), oder man färbt direkt, durch Tränken des Holzes mit natürlichen oder künstlichen Farbstofflösungen (Farbholzextrakten oder Teerfarbstoffen).

---

1) Malenkovic, Die Holzkonservierung im Hochbau, Wien-Leipzig 1907.

2) Netzsch, Die Bedeutung der Fluorverbindungen für die Holzkonservierung. Inauguraldissertation, München 1909.

3) Z. f. angew. Chemie 1906.

b) Imprägnierungsmethoden.

Dem Wesen nach stehen 6 verschiedene Methoden in Anwendung:

1. das sogenannte Einsumpfverfahren,
2. das hydrostatische Druckverfahren,
3. das Einpressen mit einer Druckpumpe,
4. das pneumatische Druckverfahren,
5. das Behandeln des Holzes mit Teeröldampf,
6. die Imprägnierung auf elektrischem Wege.

§ 12. Das Einsumpfverfahren (oder Kyanisieren). Es ist das einfachste Verfahren, weil es keine besonderen Einrichtungen und kein geschultes Arbeitspersonal voraussetzt. Es kann aber nur für energisch wirkende, wasserlösliche, also leicht in das Holz eindringende Mittel, wie z. B. das Quecksilberchlorid und die Fluoride, Anwendung finden. Die Lösungen des Imprägniermittels dürfen nur in geringer Konzentration verwendet werden und auch dann ist die vollständige Durchtränkung des Holzes nicht zu erreichen. Das Holz muß gut lufttrocken sein, weil in feuchtes Holz die Lösung überhaupt nicht eindringt, und wird in fertig fassoniertem Zustande der Tränkung übergeben. Eine nachträgliche Zurichtung ist bei Verwendung sehr stark giftig wirkender Mittel von vornherein ausgeschlossen, und außerdem würden dadurch die gerade am besten imprägnierten Partien entfernt werden.

Zum Einsumpfen des Holzes in das Imprägniermittel verwendete man früher vollkommen dichte Kästen aus Eichen- oder Lärchenholz, welche nun fast ausschließlich durch Zisternen aus Zementbeton oder für gewisse Mittel auch aus Eisen ersetzt sind.

Weiches Holz von den Dimensionen der Bahnschwellen soll 8—10, hartes Holz 12—14 Tage in der Lösung verweilen. Nach der Imprägnierung muß das Holz noch einige Monate an der Luft liegen bleiben, damit sich das Imprägnierungsmittel tiefer in das Holz einsaugt.

§ 13. Das hydrostatische Druckverfahren wurde zuerst von Boucherie in Anwendung gebracht und besteht dem Wesen nach in folgendem:

Auf dem unteren Hirnende des noch mit voller unverletzter Rinde versehenen Stammes wird eine hölzerne Schlußplatte derart angelegt, daß eine schmale (etwa 1 cm tiefe) dicht schließende Kammer entsteht. Den dichten peripherischen Abschluß bildet ein gefettetes Hanfseil oder besser ein Kautschuckring, gegen welchen die Schlußplatte mittelst einer quer über dieselbe liegenden Holzspange und zwei Schrauben fest angepreßt wird. Diese Kammer steht durch einen Guttaperchaschlauch mit dem Fallrohr eines 10 m hoch stehenden Reservoirs, welches die Imprägnierflüssigkeit enthält, in Verbindung, so daß ein Flüssigkeitsdruck von ungefähr 1 Atmosphäre auf die Stirnfläche des Stammes einwirken kann. Infolge dieses Druckes wird der Zellsaft aus dem Stamme verdrängt und durch die Imprägnierungsflüssigkeit ersetzt.

Das für die Imprägnierung bestimmte Holz soll frisch gefällt sein. Bleibt es längere Zeit an der Luft liegen, so nimmt der Saft (namentlich zur Sommerszeit) eine schleimige Beschaffenheit an und läßt sich dann nur schwierig aus dem Holze verdrängen. Holz, welches nicht sofort imprägniert werden kann, wird am besten in fließendem Wasser aufbewahrt. Das im Winter gefällte Holz imprägniert sich leichter als das Sommerholz; am schwierigsten ist das in der Hauptsafttriebperiode (April und Mai) gefällte Holz zu imprägnieren. Die Tränkungsfähigkeit der verschiedenen Holzarten ist eine sehr ungleiche. Die sogenannten Splintbäume, Reifholzbäume und Reifholzkernbäume lassen sich am leichtesten imprägnieren. Viel schwieriger gelingt dies bei den sogenannten Kernholzbäumen, bei welchen nur der Splint durchdrungen wird, das Kernholz aber fast unberührt bleibt. Vorzugsweise werden die Buche, Fichte und Tanne

nach dieser Methode imprägniert. Die Buche eignet sich für diesen Zweck ganz vorzüglich, zeigt aber nicht selten in der Mitte des Stammes eine Partie von blaßroter bis brauner Farbe, welche der Durchtränkung widersteht. Bei den Nadelhölzern ist ein großer Harzreichtum für die Imprägnierung nachteilig. Boucherie verwendete als Imprägnierflüssigkeit eine $1\,^0/_0$ige Lösung von Kupfervitriol, und zwar zur Imprägnierung von Masten für Telegraph- und Telephonleitungen, welches aber heute fast gänzlich aufgelassen und durch die wirksameren Fluoride resp. durch das Teeröl verdrängt worden ist. (Die Imprägnierung mittelst des letzteren erfolgt natürlich auf pneumatischem Wege).

Der Verlauf der Imprägnierung nach dem Boucherie-Verfahren gestaltet sich im allgemeinen nun folgendermaßen:

Bereits wenige Minuten nach Beginn des Flüssigkeitsdruckes auf das, durch die Kammer eingeschlossene, Stirnende des Holzes tritt an dem freien Stammende Holzsaft aus. Nach und nach kommt eine Mischung des Holzsaftes mit dem Imprägniermittel, welche immer reicher an letzterem wird, bis endlich ein gewisser Gehalt an diesem in der ablaufenden Flüssigkeit erreicht ist, worauf der Zulauf abgesperrt wird. Bei der Imprägnierung mit Kupfersulfat wird der Zulauf der $1\,^0/_0$igen Lösung abgestellt, sobald die austretende Kupferlösung $3/4\,^0$ B. zeigt und hierauf mit einer $^1/_2\,^0/_0$igen Lösung nachgewaschen. Diese zweite verdünnte Lösung hat nur den Zweck, die bei der ersten Imprägnierung durch Ausscheidung von Kupferhydroxyd frei gewordene Schwefelsäure aus dem Stamme zu verdrängen. Mit der verdünnten Lösung wird so lange nachgewaschen, bis die austretende Flüssigkeit nicht mehr sauer reagiert.

Bei der Imprägnierung mit Fluoriden wendet man Laugen in einer Stärke von 3—5 ^{0} B. an und stellt den Zulauf des Imprägniermittels ab, wenn der Ablauf 0,5—2 ^{0} B. zeigt. Ist die Imprägnierung beendet, so wird die Verschlußkammer abgenommen, der Stamm entrindet und an der Luft getrocknet.

Die Dauer der Imprägnierung ist je nach der Holzart, Fällungszeit, Länge und Stärke des Stammes verschieden und beträgt 48 bis 100 Stunden und darüber.

Der bei Beginn der Imprägnierung aus den Stämmen ablaufende Holzsaft ist wertlos und wird nicht aufgesammelt.

Die später nachkommende, Imprägniermittel-haltige Flüssigkeit aber gibt man nicht verloren, sondern sammelt sie, um sie, nach entsprechender Reinigung und Ergänzung auf den ursprünglichen Gehalt, wieder zu verwenden. Arbeitet man mit Kupfervitriol, so gewinnt man aus den sehr verdünnten Lösungen das Kupfer durch Fällung mit Eisen, während man die $^1/_2\,^0$ B. zeigenden Lösungen über Sand filtriert und durch Zugabe von Kupfervitriol auf $1\,^0/_0$ ergänzt.

Das hydrostatische Druckverfahren ist in der letzten Zeit fast vollständig außer Kurs geraten, da es Anforderungen an das zu imprägnierende Holz stellt, welche nicht leicht erfüllt werden können. Die Nachteile dieses Verfahrens sind folgende: 1. muß frisch gefälltes Holz mit möglichst unverletzter Rinde in Anwendung kommen. Alle Bringungsarten, bei welchen eine erhebliche Verletzung der Rinde stattfindet, sowie jeder weitere Transport des Holzes überhaupt, sind unzulässig; 2. können nur solche Hölzer, welche eine weitere Bearbeitung nicht erfordern (also Leitungsmaste und runde Bauhölzer), mit Vorteil imprägniert werden, da bei einer eventuellen Zurichtung die am meisten durchtränkten Partien des Holzes in Abfall kommen; 3. geht immer ein Teil des Imprägnierungsmittels verloren, wodurch das Verfahren wesentlich verteuert wird; 4. nimmt die Imprägnierung unverhältnismäßig lange Zeit in Anspruch, und da immer nur wenige Stämme gleichzeitig in Arbeit genommen werden können, so ist dieses Verfahren für Massenproduktion, oder für einen Großbetrieb überhaupt, nicht geeignet.

§ 14. Das Einpressen der Imprägnierungsflüssigkeit mittelst einer Druckpumpe nach dem Patente J. Pfister. Im Prinzip stimmt dieses Verfahren mit dem vorgenannten völlig überein. Der Hauptunterschied der beiden Methoden liegt nur darin, daß Pfister an Stelle des hydrostatischen Drucks den Druck einer Pumpe setzt und diesen somit ohne besondere Schwierigkeiten ad libitum steigern kann. In Rücksicht auf dieses letztere Moment müssen beim Pfisterschen Verfahren entsprechend stark konstruierte Verschlußkammern verwendet werden, welche aus Metall (Eisen oder dgl.) gefertigt sind und durch passende Vorrichtungen gegen den Stamm abgedichtet werden.

Die ursprüngliche Pfistersche Verschlußkammer bestand aus einer Eisenplatte mit scharfer Stahlschneide, welche in die glatt abgesägte, untere Hirnfläche des Stammes eingetrieben wird. Das Festhalten des Verschlußstückes erfolgte mittelst eines Spannkreuzes, das von Klammern gehalten wird, welche außen in den Stamm eingeschlagen und mit Stellschrauben festgezogen werden. Pfister hat dann seinen Verschluß derart abgeändert, daß an die Stelle der Stahlschneide ein Dichtungsring aus Kautschuk oder einem ähnlichen, weichen Dichtungsmaterial tritt, der einen rechtwinkeligen Querschnitt besitzt und leicht jedem Stammumfang angepaßt werden kann. Die zum Einpressen der Imprägnierflüssigkeit dienende Druckpumpe ist auf einem trag- oder fahrbaren Gestell montiert und wird durch Kautschukschläuche mit den zu imprägnierenden Stämmen bezw. Verschlußklammern in Verbindung gesetzt. Der ausgeübte Druck kann — wie schon erwähnt — nach Bedarf bis zu 10 Atmosphären gesteigert werden. Die Zeitdauer der Imprägnierung ist, infolge des viel höheren Druckes, eine sehr kurze und beträgt je nach der Holzart und Länge der Stämme nur wenige Minuten bis 2 Stunden. Dieses Verfahren erfordert nur ein geringes Anlagekapital, die Hölzer können unmittelbar nach erfolgter Fällung gleich an Ort und Stelle imprägniert werden, wodurch eine Beschädigung der Rinde durch den Transport ausgeschlossen und ebenso ein Schleimigwerden des Saftes infolge längeren Liegens des Holzes vor der Imprägnierung vermieden wird. Die Fällung kann zu jeder Jahreszeit vorgenommen werden, ohne das Imprägnierungsresultat zu beeinträchtigen.

In entsprechend modifizierter Form, d. h. mit eigens für den Zweck konstruierten Verschlußkammern, wird dieses Verfahren auch zum Färben des Holzes angewendet [1]).

Um eine Imprägnierung des Holzes, durch Einpressen der Imprägnierflüssigkeit mittelst mechanischen Drucks, auch am entrindeten Stamme vornehmen zu können, hat Ing. E. Köpfer eine Art Verschlußkammer konstruiert, welche den ganzen Stamm umschließt und so die natürliche Decke des Baumes (die Rinde) durch eine künstliche ersetzt. Die Einrichtung besteht der Hauptsache nach aus einem druckfesten Rohr, welches, entsprechend der Länge des Holzes, aus mehreren Stücken mit Hilfe von Flanschen, Dichtungsringen und Schrauben zusammengesetzt wird. Das eine Ende des Rohres wird mit einem Deckel, das andere mit einem, den Stamm übergreifenden Ring seitlich gegen den Stamm abgedichtet. In dem Deckel und an dem Rohr befinden sich Einlaßöffnungen für Druckluft und Imprägnierflüssigkeit; an dem Rohr auch ein entsprechender Auslaßstutzen. Ist der Apparat fertig montiert, so wird vorerst mit Druckluft der Holzsaft ausgetrieben und sodann die Imprägnierflüssigkeit in das Holz (durch den Deckel) und in das Rohr gleichzeitig so lange eingepreßt, bis sie am freien Stammende austritt.

Durch die Einschaltung entsprechender Dichtungsringe zwischen die Teile des Rohres kann man auch die Möglichkeit schaffen, nur einzelne Partien des Stammes zu imprägnieren.

§ 15. Das pneumatische Druckverfahren wurde von Brèant und Payen erfunden, von Burnett, Bethell, Blythe, Rütgers und anderen verbessert. Dasselbe besteht im wesentlichen darin, daß man das fertig zugerichtete Holz (Schwellen, Pfosten, Stangen, Bretter, Schindeln etc.) zuerst dämpft oder trocknet, sodann einer Luftverdünnung aussetzt und schließlich unter Hochdruck mit der Imprägnierungsflüssigkeit sättigt.

Die hiezu notwendige Apparatur besteht vor allem aus einem horizontalen Imprägnierungszylinder aus Kesselblech von etwa 9—12 m Länge und 2 m Durchmesser. Die vordere Stirnseite desselben ist mit einem abnehmbaren, luftdichtschließenden Deckel versehen, welcher mittelst Laufrollen auf einer Hängebahn verschiebbar und um einen Bolzen auf dem Laufwagen drehbar ist. Den dichten Schluß bildet ein in die Flansche eingegossener Bleiring von schwalbenschwanzförmigem Querschnitt. Zur Zuhaltung dienen entweder scharnierartig umlegbare Schraubenbolzen oder Hackenbolzen. An der rückwärtigen Stirnwand des Kessels

1) Näheres siehe: J. Pfister jr., Das Färben des Holzes durch Imprägnierung. Wien-Leipzig 1908.

sind die nötigen Armaturteile: Probehähne, Lufthahn, Standzeiger, Thermometer, Manometer und Vakuometer angebracht. Der domartige Aufsatz des Kessels steht mit der Dampfleitung und mit einer Luftpumpe in Verbindung. An der Unterseite des Kessels sind die Ventile zum Ablassen des Kondenswassers, sowie für den Eintritt und Auslauf der Imprägnierungsflüssigkeit vorhanden.

Eine Saug- und Druckpumpe stellt die Verbindung der Bassins, in welchen sich das Imprägniermittel befindet, mit dem Kessel her.

Weiter sind erforderlich: ein Dampfkessel, eine Betriebsmaschine, diverse Bottiche mit Mischvorrichtung zur Herstellung der Imprägnierungsflüssigkeit, Dexel- und Hobelmaschinen für die Bearbeitung des Holzes, sowie eine Brückenwage. Soll feuchtes Holz mit einem öligen Mittel allein imprägniert werden, so muß auch eine Trockenvorrichtung vorhanden sein.

Um die Beschickung und Entleerung des Imprägnierkessels in einfacher Weise zu bewerkstelligen, wird das zu imprägnierende Holz auf Bügelwagen verladen und in den Kessel eingefahren; diese Wagen mit ihrer Ladung sind dem Innenraume des Kessels angepaßt. Das Holz wird derart verladen, daß sich die einzelnen Stücke tunlichst wenig berühren, andererseits aber auch nicht zu große Zwischenräume freilassen. Die Bügel, welche die Holzladung zusammenhalten, sind in Scharnieren zum Umlegen eingerichtet.

Ein Kessel von 9½ m Länge faßt 4 und bei 12 m Länge 5 solche mit Schwellen beladene Wagen. Langhölzer werden auf 2 Wagen verladen.

Die Imprägnierungsanstalten für Bahnschwellen sind entweder stabil oder ambulant. Erstere sind in eigenen Gebäuden untergebracht und naturgemäß auch vollkommener eingerichtet als letztere. Die ambulanten Anstalten sind auf Eisenbahnwaggons aufmontiert, um sie abwechselnd auf bestimmte Stationen des Bahnnetzes bringen zu können. In der Regel werden von den Bahnverwaltungen die stationären Anlagen den mobilen vorgezogen und diese letzteren daher auch nur bedingungsweise zugelassen.

Bei der Imprägnierung mit Zinkchlorid, das hier als Repräsentant der wasserlöslichen Mittel gelten soll, wird in folgender Weise vorgegangen:

Das Holz wird nach entsprechender Anarbeitung auf die Bügelwagen verladen und in die Präparierkessel eingefahren. Nachdem der Verschlußdeckel vorgeschoben und luftdicht verschraubt ist, wird mit der Dämpfung begonnen. Ist alle Luft durch den Dampf verdrängt, wird mindestens eine Stunde hindurch bei 112 ° C. (= 0,5 Atm. Ueberdruck) gedämpft und das Kondenswasser von Zeit zu Zeit abgelassen. (In manchen Anstalten wird ein höherer Druck von 1½—2 Atm. angewendet.) Das Dämpfen hat den Zweck, die Auslaugeprodukte aus dem Holze zu verdrängen und die Zellen mit Dampf zu erfüllen. Vollkommen wird dieser Zweck aber niemals erreicht. Wollte man so lange dämpfen, bis der Dampf auch in das Innere des Holzes eingedrungen ist, so würde dasselbe sehr bedeutend an Festigkeit verlieren. Es findet daher die Auslaugung hauptsächlich nur in der äußeren Schichte statt. Auch soll der Dampfdruck 1½ Atm. nicht übersteigen. Nach der Dämpfung wird der Ueberdruck abgelassen, die Luftpumpe in Aktion gesetzt und ein Vakuum von mindestens 600 mm erzeugt. Diese Druckverminderung muß in 30 Minuten erreicht sein und sodann durch weitere 40 Minuten erhalten bleiben. Das Evakuieren hat den Zweck, die in den Zellräumen noch vorhandene Luft und den Dampf so weit zu verdünnen, daß die Imprägnierungsflüssigkeit eindringen kann.

Als dritte Prozedur folgt die eigentliche Imprägnierung. Zu diesem Behufe wird, unter fortwährender Tätigkeit der Luftpumpe, die Zinkchloridlösung in den Kessel eingesaugt. Ist der Kessel entsprechend gefüllt, so wird die Luftpumpe abgestellt, dafür aber die Druckpumpe in Aktion gesetzt und so lange Imprägnierungsflüssigkeit nachgepumpt, bis ein Ueberdruck von 7½ Atm. erreicht ist, was ca. 40 Minuten in Anspruch nimmt. In dem Maße, als die Flüssigkeit in das Holz eindringt, sinkt der Druck und muß durch Nachpumpen immer auf 7½ Atm. ergänzt werden. Die Imprägnierung ist erst dann als beendet zu betrachten, wenn das Manometer durch mindestens 20 Minuten ohne weiteres Nachpumpen, auf 7½ Atm. stationär bleibt, als Beweis, daß ein weiteres Eindringen der Flüssigkeit in das Holz nicht mehr stattfindet. Ist dies erreicht, so wird die Flüssigkeit aus dem Kessel in das Reservoir abgelassen, der Verschlußdeckel abgenommen und das Holz ausgefahren. Nach jeder Charge wird der Kessel gereinigt.

Die imprägnierten Hölzer werden an der Luft getrocknet. Die Zinkchloridlösung wird meist mit einer Konzentration von 3 ° B. genommen. Um an Kosten zu sparen, werden schwächere Lösungen von 1½—2 ° B. verwendet, welche zwar leichter in das Holz eindringen, aber schwächer konservierend wirken.

Bei der Imprägnierung mit Teeröl allein wird etwas anders verfahren, weil hier das Wasser hinderlich ist. An Stelle des Dämpfens tritt eine Trocknung, falls nicht vollkommen lufttrockenes Holz zur Imprägnierung vorliegt. Muß künstlich getrocknet werden, so fährt man das Holz aus der Trockenkammer, in der man eine Temperatur von 100 ° C. durch mehrere Stunden hindurch eingehalten hatte, in noch warmem Zustande in den Kessel ein und erzeugt nun in demselben ein Vakuum von mindestens 600 mm, das ½ Stunde hindurch eingehalten wird. Unter Einhaltung des Vakuums wird das auf mindestens 50 ° C. vorgewärmte Teeröl eingesaugt und dann mittelst der Druckpumpe nachgedrückt, bis der Kessel voll ist. Man steigert nun den Druck auf 10 Atm. und darüber und hält ihn 1½—2 Stunden ein.

Die Imprägnierung mit einem Gemisch von Zinkchlorid und Teeröl, welches man früher, um an teuerem Teeröl zu sparen, häufig angewendet hat, gestaltet sich ähnlich wie die Imprägnierung mit Zinkchlorid allein. Auch hier kann die Dämpfung entfallen, wenn das Holz gut lufttrocken ist; das Imprägniermittel-Gemisch muß aber ebenso, wie bei der Imprägnierung mit Teeröl, vorgewärmt werden.

In neuerer Zeit nun bringt man, um die Imprägnierung mit Teeröl allein bewerkstelligen und doch an diesem kostspieligen Mittel sparen zu können, eigene Imprägnierungsmethoden, sog. Sparverfahren in Anwendung.

Nach einem derselben, dem Rüpingschen Sparverfahren läßt die preußisch-hessische Eisenbahnverwaltung ihre Schwellen, Masten etc. imprägnieren.

Zur Durchführung dieses Verfahrens muß der Kessel mit dem Oelwärmer durch eine Druckluftleitung in Verbindung stehen. Ist das Holz eingefahren und der Kessel dicht verschlossen, so setzt man auf diesen und den Oelwärmer, je nach der Art und Trockenheit des Holzes, einen Luftdruck von 1½—4 Atm., welchen man 5—15 Minuten hindurch aufrecht erhält. Unter Beibehaltung des Luftdruckes preßt man nun das auf 70—100 ° C. vorgewärmte Oel aus dem Vorwärmer so lange in den Kessel, bis ein Ueberdruck — wiederum je nach der Beschaffenheit des Holzes — von 5½ bis 8 Atm. erreicht ist und hält diesen 30 Minuten bis 3 Stunden lang ein. Während dieses Oeldruckes wird der Kessel mittelst in ihm befindlicher Dampfschlangen geheizt. Nach Abblasen des Ueberdrucks und Entleeren des Oeles erzeugt man im Kessel ein Vakuum von mindestens 600 mm, welches man während 10—30 Minuten einwirken läßt. Nach Aufhebung des Vakuums ist die Imprägnierung beendet.

Bei der Imprägnierung von Buchenschwellen wird eine zweimalige Aufeinanderfolge des geschilderten Tränkungsvorganges, mit entsprechend bemessenen Zeit-, Druck- und Vakuum-Verhältnissen eingehalten (sog. Doppelverfahren).

Von der Firma Guido Rütgers-Wien wird ebenfalls ein ihr patentiertes Sparverfahren ausgeführt, welches denselben Zweck verfolgt, wie das eben geschilderte, diesen aber durch andere Mittel erreicht. Nach diesem Verfahren wird das Holz durch Eintauchen oder, vorteilhafter, in der bereits bekannten Weise (durch Druck und Vakuum) mit der für jede Holzart, erfahrungsgemäß oder versuchsweise ermittelten, für die Konservierung gerade ausreichenden Teerölmenge getränkt, und sodann in heizbaren Kesseln einem Druck von mehreren Atmosphären, also heißer Druckluft, ausgesetzt, wodurch eine gleichmäßige Verteilung des Oeles in der ganzen Holzsubstanz erzielt wird.

Neben diesen beiden genannten Sparverfahren sind noch verschiedene andere Varianten derselben durch Patente geschützt und auch in Ausübung.

Der Zweck aller dieser Sparverfahren ist, wie schon der Name besagt, an Imprägniermittel zu sparen, weil die Erfahrung gelehrt hat, daß es zum Schutze des Holzes genügt, wenn bloß seine festen Bestandteile (die Holzfaser) durchtränkt und konserviert sind, die Zellräume aber leer bleiben.

Das pneumatische Druckverfahren ist gegenwärtig das gebräuchlichste und für den fabriksmäßigen Betrieb auch das zweckmäßigste, weil mit ihm große Holzmengen in relativ kurzer Zeit bewältigt werden können. Die mit diesem Verfahren erzielte Durchtränkung und Konservierung des Holzes kann von keinem der bisher genannten auch nur annähernd erreicht werden. Die Wahl des Imprägnierungsmittels bietet keine Schwierigkeiten, insolange es sich nicht um Mittel handelt, welche stark korrodierend auf die Apparatur wirken.

Daraus erklärt sich auch, daß diese Verfahren nicht bloß für die Zwecke der Konservierung, sondern auch zum „Härten“, Färben etc. des Holzes in vielen, den speziellen Zwecken angepaßten Variationen Anwendung findet.

§ 16. Die Imprägnierung mit Teeröldämpfen. Daß Dämpfe viel leichter und tiefer in das Holz eindringen als Flüssigkeiten, steht wohl außer Zweifel; nichtsdestoweniger hat dieses Verfahren den Erwartungen doch nicht entsprochen. Bei der österrei-

chischen Südbahn, wo seinerzeit ein solches Verfahren eingeführt war, wurde dasselbe wieder aufgegeben, weil es sehr kompliziert und kostspielig war.

In neuerer Zeit wurde die Imprägnierung mit Dämpfen wieder aufgenommen und der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft ein Verfahren durch D. R.-P. Nr. 189 232 geschützt, wonach das zu imprägnierende Holz in geschlossenen Kesseln der Einwirkung teerölhaltiger Dämpfe ausgesetzt wird, welche bei der Destillation von Holz, Torf oder Kohle resultieren und nötigenfalls durch verdampftes Teeröl angereichert werden können.

Nach einem weiteren Patente, Nr. 195 878 ex 1906, derselben Gesellschaft werden keine Gase angewendet, sondern das Imprägniermittel wird im Kessel zu einem feinen Nebel verstäubt und dieser dann in das Holz gedrückt oder gesaugt. Zur Zerstäubung werden entweder Druckluft oder die komprimierten Abgase von Kokereien verwendet. Das Gemisch von Zerstäubungs- und Imprägniermittel sowohl, wie auch die aus ihm sich niederschlagende Flüssigkeit werden in getrennten Kreisläufen über den Kompressor oder die Flüssigkeitspumpe, eventuell unter gleichzeitiger Anwärmung, in den Imprägnierkessel zurückgeleitet.

In welchem Umfange und mit welchem Resultat diese Patente praktisch ausgenützt werden, darüber fehlen entsprechende Angaben.

An dieser Stelle sei auch auf ein Verfahren hingewiesen, welches F. Denz, B.-H. Forstbeamter, in einer kleinen Broschüre „Buchenholzverwertung", „D ä m p f e n u n d I m p r ä g n i e r e n v o n H ö l z e r n m i t H o l z v e r k o h l u n g s d ä m p f e n u n d G e w i n n u n g d e s H o l z e s s i g s b e i d e r M e i l e n v e r k o h l u n g", Sarajevo 1911, beschreibt und das auch in Oesterreich bereits patentiert ist.

Der Rahmen dieses Werkes gestattet leider eine vollinhaltliche Aufnahme der in der Broschüre niedergelegten, namentlich für den Forstwirt äußerst interessanten Ausführungen des, in der Meilenverkohlung bekannten und an einem späteren Orte zitierten Fachmannes nicht und es sei daher hier speziell auf die oben genannte Broschüre verwiesen.

Kurz möge hier nur angeführt werden, daß Denz mit seiner Erfindung die bei der Verkohlung von Abfallholz, in einem ganz spezifisch gesetzten Meiler, sich ergebenden flüchtigen Destillationsprodukte mittelst einer versetzbaren Rohrleitung auffängt und durch einen Imprägnierkessel leitet, in welchem Nutzholz, jeglicher Form, je nach der Dauer der Einwirkung der Dämpfe, entweder bloß getrocknet oder mit den antiseptischen Anteilen der flüchtigen Destillationsprodukte imprägniert wird. Die aus der Imprägniervorrichtung abgesaugten, überschüssigen Verkohlungsdämpfe werden kondensiert und liefern rohen Holzessig, der nach der Angabe von Denz sehr rein sein soll.

Die für dieses Verfahren notwendige Anlage ist stabil. Der große Vorteil vorstehender Methode liegt, nach Denz, in den geringen Anlagekosten und der großen Dauerhaftigkeit der einmal erbauten Anlage, in der Ersparnis an Heizmaterial und in der Einfachheit des Verfahrens.

§ 17. **D i e I m p r ä g n i e r u n g a u f e l e k t r i s c h e m W e g e.** Diese basiert auf der Tatsache, daß die Geschwindigkeit, mit welcher eine Salzlösung eine poröse Membran durchsetzt, ganz bedeutend vergrößert wird, wenn man gleichzeitig durch diese Membran einen elektrischen Strom leitet.

Zur Durchführung dieses Verfahrens wird das Holz in einem Trog, welcher die Imprägnierflüssigkeit enthält, auf den einen Pol einer Dynamomaschine von 110 Volt Spannung gelegt und über demselben, durch ein Filz- oder Segeltuch-Diaphragma getrennt, in einem gleichen, zweiten Trog, der mit Wasser beschickt ist, der zweite Pol angeordnet.

Nach dem Verfahren von Nodon Bretonneau wird die Imprägnierung mit einer 20%igen, auf 30° C. erwärmten Lösung von Magnesiumchlorid vorgenommen. Der Strom wird durch 7—14 Stunden mit variabler Stärke zwischen 4 und 6 Amp. einwirken gelassen. Nach dieser Behandlung wird das Holz an der Luft getrocknet. Erfahrungen über die Dauer der nach diesem Verfahren imprägnierten Hölzer liegen bis jetzt nicht vor.

Ganz ähnlich ist das sogenannte S e n i l i s i e r e n des Holzes, bei dem nur anstatt Magnesiumchlorid eine Lösung von 10% Borax, 5% Harzseife, 0,75% Natriumkarbonat und 84,25% Wasser angewendet wird. Beide Verfahren sind in Frankreich in Verwendung.

§ 18. **S c h l u ß b e m e r k u n g e n.** Für die Durchführung der I m p r ä g n i e r u n g v o n E i s e n b a h n s c h w e l l e n u n d L e i t u n g s m a s t e n erlassen die Bahnverwaltungen bestimmte Vorschriften, an welche sich die Unternehmer zu halten haben. Diese Vorschriften sind überall fast die gleichen und unterscheiden sich nur in unwesentlichen Details. Als Imprägnierungsmittel wird vornehmlich das schwere Teeröl verwendet. Bei den österreichischen Bahnverwaltungen kommt aber auch Zinkchlorid, resp. eine Mischung desselben mit Teeröl oder eine Nacheinandertrankung mit Zinkchlorid und Teeröl in Anwendung.

Bei dem ersteren Verfahren (dem sog. gemischten Verfahren) ist das Mischungsverhältnis der Imprägnierflüssigkeit derart zu regeln, daß auf eine Schwelle durchschnittlich 2 kg Teeröl entfallen und die Trankung selbst ist so durchzuführen, daß eine lufttrockene Kieferschwelle

(0,1 m³) mindestens 30 kg, eine lufttrockene Eichen- und Lärchenschwelle (0,1 m³) mindestens 8 kg Tränkungsstoff aufnimmt. Bei der aufeinander folgenden Imprägnierung, welche mit besonders günstigem Erfolg für Buchenschwellen in Anwendung kommt, ist eine Tränkung von 13—15 kg Teeröl pro Schwelle (von 0,075—0,1 m³ Inhalt) vorgeschrieben.

Für die Gesamtaufnahme an Tränkungsstoffen ist den österreichischen Bahnverwaltungen maßgebend, daß

1 Rm. lufttrockenes Föhren- bezw. Buchenholz mindestens 300 kg
1 Rm. lufttrockenes Lärchen- bezw. Eichenholz mindestens 80 „

aufnehmen muß.

Dieses Maß gilt bei den österreichischen Bahnverwaltungen auch für die Imprägnierung mit Teeröl allein, welche aber nur in ganz bestimmten Fällen für Lärchenholz zur Durchführung gelangt.

Die preußisch-hessische Eisenbahnverwaltung, welche ihre sämtlichen Hölzer nur mit Teeröl imprägnieren läßt, verlangt eine Gewährleistung der Aufnahme an Teeröl:

für eine	kieferne	Schwelle	I.	Kl.	jeder Dimension	von	7 kg
„ „	eichene	„	I.	„	„	„	5 „
„ „	buchene	„	I.	„	„	„	16 „
„ „	kieferne	„	II.	„	„	„	6 „
„ „	eichene	„	II.	„	„	„	4 „
„ „	buchene	„	II.	„	„	„	12 „

für nach dem Kubikinhalt zu berechnende Hölzer:

bei Kiefernholz per m³ . . . . . . 63 kg
bei Eichenholz per m³ . . . . . . 45 „
bei Buchenholz per m³ . . . . . . 145 „ [1]).

Zur Erklärung der eben angeführten Zahlen sei bemerkt, daß in den österreichischen Vorschriften ein fast völliger Ersatz der Gewichtsdifferenz zwischen frisch gefälltem und lufttrockenem Holz [2]) durch das Imprägnierungsmittel verlangt wird, während die deutschen Bahnverwaltungen nur eine zur Konservierung des Holzes ausreichende Menge Tränkungsstoff vorschreiben.

Um letzteres zu erreichen, wird die Imprägnierung nach einem modifizierten pneumatischen Druckverfahren, dem bereits angeführten Rüpingschen Sparverfahren ausgeführt.

Ueber die Dauer der imprägnierten Schwellen liegen eine Reihe von Angaben vor, jedoch lassen sich daraus keine zuverlässigen Schlüsse über den Wert der einzelnen Imprägniermittel und Methoden ziehen, weil die mechanische Abnutzung dabei ganz wesentlich in Betracht kommt, welche auf den mehr oder minder befahrenen Strecken sehr ungleich ist. Ferner spielt auch die Bodenbeschaffenheit, namentlich aber der Feuchtigkeitszustand, eine sehr wichtige Rolle.

Die Auswechslung der Schwellen erfolgt naturgemäß nur sukzessive, ist innerhalb der ersten fünf Jahre sehr gering oder gleich Null und steigert sich sodann von Jahr zu Jahr sehr bedeutend. Man kann daher nur von einer annähernden durchschnittlichen Dauer sprechen. Nach Angaben von Ing. Ziffer beträgt dieselbe bei mit kreosothaltigem Teeröl imprägnierten Schwellen:

	im Hauptgeleise	im Nebengeleise	Jahre in Summa
Kiefer	15	5	20
Eiche	18	7	25
Buche	20	10	30

Auch die Kosten der Imprägnierung werden sehr verschieden hoch angegeben, was ja erklärlich ist, da speziell beim Teeröl es nicht gleichgültig ist, ob dasselbe von heimischen Destillerien bezogen werden kann oder importiert werden muß.

Ueber nähere statistische Daten siehe: Archiv für Post und Telegraphie, Berlin 1905 Nr. 16 und 1911 Nr. 8, sowie in den Fachorganen des technischen Eisenbahn-, Post- und Telegraphendienstes überhaupt.

III. Zellulose- und Holzstoff-Fabrikation.

§ 19. Allgemeines. Unter den Industrie- und Gewerbszweigen, welche sich mit der Verarbeitung des Holzes auf chemischen Wege befassen, nimmt die Zellulosefabrikation den ersten Rang ein. Sie ist ein verhältnismäßig junger Industriezweig und hat in den letzten Dezennien einen ganz kolossalen Aufschwung genommen. Bis Ende der vierziger Jahre wurden zur Erzeugung des Papiers fast ausschließ-

1) Nach privaten Mitteilungen.

2) Dieser Gewichtsunterschied beträgt: bei der Kiefer rund 350 kg, bei der Lärche 80—140 kg, bei der Eiche 70—100 kg und bei der Buche 350—450 kg für den Kubikmeter. Oesterr. Wochenschrift f. d. öffentlichen Baudienst 1911.

lich Hadern verwendet. Bei dem stetig steigenden Bedarf an Papier konnte aber das Hadernmaterial längst nicht mehr genügen und es mußte an die Heranziehung von Ersatzmitteln gedacht werden. Unter allen zellulosereichen Rohprodukten ist das Holz das einzige, welches leicht und billig zu beschaffen ist, große Ausbeuten liefert und sich daher für den Massenverbrauch am besten eignet. Am nächsten lag es wohl, das Holz lediglich auf mechanischem Wege einfach zu zerfasern und den so erhaltenen Holzstoff als Zusatz zu Hadern für die Papierfabrikation zu verwenden. Dieser Ersatz war aber wegen der Kurzfaserigkeit, Steifheit, ungenügenden Verfilzung und Bleichunfähigkeit der Faser nur ein sehr unvollkommener. Später kam man darauf, daß durch Dämpfen des Holzes ein ziemlich langfaseriger Stoff hergestellt werden kann, welcher auch ohne Hadernzusatz ein genügend festes Papier liefert und für ordinärere Sorten, wie Packpapier, Zeitungs- und Affichenpapier geeignet ist. Damit war der erste große Umschwung in der Papierfabrikation hervorgerufen. Eine zweite, und zwar noch gewaltigere Umwälzung erfolgte durch die Erfindung, Holzzellulose durch Einwirkung chemischer Agenzien von den inkrustierenden Substanzen zu befreien und nahezu rein herzustellen. Dieses so erhaltene Produkt bildet ein vorzügliches Ersatzmittel für Hadern und hat dieselben aus der Papierfabrikation heute fast gänzlich verdrängt.

Als Rohmaterial für die Zellulosefabrikation eignen sich vor allem die Nadelhölzer, welche eine lange, geschmeidige, gut verfilzbare, schwach gefärbte und gut bleichfähige Faser liefern. Minder geeignet sind die weichen Laubhölzer und am wenigsten brauchbar die meisten harten Laubhölzer. Nach ihrer Verwendbarkeit nehmen die Holzarten folgende Rangordnung ein: 1. die Fichte (Abies excelsa); 2. die Kiefer (Pinus sylvestris); 3. die Tanne (Abies pectinata); 4. die Lärche (Larix europaea); 5. die Espe (Populus tremula); 6. die Pappel (Populus nigra); 7. die Birke (Betula alba). In der Regel werden aber nur die drei erstgenannten Holzarten zur Fabrikation verwendet.

Die Herstellung der Zellulose umfaßt folgende Prozeduren:

1. Das Putzen, Zerkleinern und Sortieren des Holzes.

2. Das Aufschließen des zerkleinerten Holzes und die Erzeugung (eventuell Regenerierung) der Lauge.

3. Das Auslaugen, Zerfasern, Sortieren (und eventuell Bleichen) der Rohzellulose, sowie das Entwässern und Trocknen der fertigen Zellulose.

§ 20. 1. Das Putzen und Zerkleinern des Holzes. Das Holz muß von allen zufälligen Verunreinigungen, wie Erde, Sand etc., welche namentlich an den beiden Enden der Scheite und Klötze zu finden sind, befreit werden. Rinde und Bast müssen abgeschält, die Aeste und Knorren ausgebohrt werden, da dieselben der Aufschließung widerstehen und bleichunfähig sind. Die größte Sorgfalt in der Putzerei ist unbedingtes Erfordernis, weil die Verunreinigungen später nur schwierig zu entfernen sind und das Produkt verderben. Am besten gelingt das Putzen durch Handarbeit, ist aber dafür auch am kostspieligsten. In allen größeren Fabriken verwendet man zum Zerkleinern und Putzen des Holzes eigene Maschinen. Stärkeres Holz wird zunächst mit einer pendelnden Zirkularsäge in Klötze von etwa 60—100 cm Länge zugeschnitten und dabei das kernfaule Holz, welches an der Schnittfläche leicht zu erkennen ist, ausgeschieden. Die Entfernung der Rinde und des Bastes geschieht mit Hilfe der Rindenschälmaschine, welche aus einer rotierenden Scheibe mit 4 hobelartig eingesetzten Messern besteht. Auch Trommeln mit nach innen vorspringenden Schlagleisten werden für diesen Zweck benützt. Durch die Rotation der Trommel werden die im Innern derselben befindlichen Holzklötze abgerieben,

und die dabei abfallenden Rindenstücke durch Wasser abgeschwemmt. Da die Holzklötze immer mehr oder weniger unrund sind, so arbeiten alle Schälmaschinen nur unvollkommen und ist ein wesentlicher Holzverlust damit verbunden.

Viel besser ist das Schälverfahren mit Dampf. Werden die Holzklötze der Einwirkung von Wasserdampf ausgesetzt, so läßt sich die Rinde samt Bast in ganzen Streifen abziehen und das Holz auf diese Art ganz rein erhalten.

Zum Ausbohren der Aeste benützt man einen rotierenden Löffelbohrer, gegen welchen die Klötze gedrückt werden. Auch diese Arbeit ist nur eine unvollkommene, weil man den Verlauf der Aeste im Holze nicht genau verfolgen kann. In manchen Fabriken werden daher die Klötze zuerst zerhackt und dann erst die Aststücke und sonstigen unreinen Partien auf einem Gurtentransporteur durch Handscheidung entfernt.

Von den Hackmaschinen gibt es zwei Abarten, solche mit auf- und abgehenden und andere mit drehend bewegten Messern; diese letzteren sind die gebräuchlicheren. Die Hackmaschine zerkleinert das Holz in Späne, unter einem Winkel von 45—60° zur Richtung der Stammachse. Je schwächer die Späne sind, desto leichter werden sie von der Kochlauge durchdrungen.

Aus der Hackmaschine gelangen die Späne in eine Schleudermühle, wo sie längs der Faserrichtung zerschlagen werden. Schließlich passieren dieselben noch eine Siebtrommel, um einerseits die feinen Verunreinigungen, wie Staub, Holzmehl und dgl., andererseits aber auch die groben Beimengungen, Aststücke und nicht zerschlagenen Späne wegzuschaffen, während die aussortierten, reinen Späne der Aufschließung zugeführt werden. Der Abgang durch das Putzen, Zerkleinern und Sortieren beträgt bei astarmen, entrindeten Stämmen 5—6, bei minderen Qualitäten 10—15%, bei berindetem, ästigem Scheitholz 15—20 und bei Prügelholz bis zu 30%.

2. Das Aufschließen des zerkleinerten Holzes. Für diesen Zweck wurden eine Reihe von Agenzien und Verfahren in Anwendung gebracht, von denen aber nur zwei: das Natron- und das Sulfitverfahren in der großen Praxis Eingang gefunden und sich dauernd bewährt haben. Ein drittes Verfahren, „das elektrochemische", steht dermalen nur vereinzelt in Ausübung.

§ 21. a) Das Natronverfahren. Von diesem existieren zwei Abarten: das Soda- und das Sulfatverfahren. Bei ersterem bildet das durch Kaustizieren der Soda erhaltene Aetznatron und bei letzterem hauptsächlich das durch Reduktion des Natriumsulfates erhaltene Schwefelnatrium das wirksame Agens.

Das Aetznatron löst in einer Konzentration von etwa 10° B., bei einer Temperatur von 160—185° C. (= 5—10 Atm. Ueberdruck) die inkrustierende Substanz des Holzes leicht und vollkommen, so daß die Zellulose nach dem Auswaschen der Lauge sehr rein erhalten wird. Dagegen hat das Aetznatron den Nachteil, daß es sehr teuer ist und nur mit erheblichen Verlusten wieder zurückgewonnen (regeneriert) werden kann, daß es ferner auch die Zellulose selbst angreift und die Ausbeute daher schmälert.

Schwefelnatrium steht in seiner Wirkung dem Aetznatron nicht nach, im Gegenteil — es löst die inkrustierenden Substanzen besser, greift die Zellulose weniger an und hat zudem noch den Vorzug der Billigkeit. Da es auch auf das im Holze befindliche Eisen lösend wirkt, so resultiert ein hellerer und leichter bleichbarer Zellstoff. Schwefelnatrium braucht nicht eigens dargestellt zu werden, sondern entsteht beim Glühen des durch Eindampfen der ausgebrauchten Laugen erhaltenen Rückstandes von selbst, indem die Holzauslaugeprodukte reduzierend auf das Sulfat einwirken. Der Verlust an Natron kann daher durch Zusatz von Sulfat (Glaubersalz) immer

wieder ersetzt werden. Als Nachteil ist dagegen anzuführen, daß — wenn nicht vollkommen richtig zusammengesetzte Laugen und zweckentsprechende Apparate und Verfahren bei der Regenerierung derselben angewendet werden — sowohl beim Kochprozeß als auch bei der Wiederbelebung der Laugen höchst übelriechende Umwandlungsprodukte (Merkaptan, Methylsulfid und andere Sulfoverbindungen) entstehen. Diese verpesten die Luft auf weite Strecken hin, geben infolgedessen zu großen Beschwerden seitens der Nachbarschaft Anlaß und haben schon zu wiederholten Malen die Betriebseinstellung von Fabriken zur Folge gehabt.

Laugenbereitung und Regenerierung.

Bei dem Sodaverfahren wird die Lauge durch Kaustizierung einer Sodalösung mit Aetzkalk hergestellt. Zu diesem Zwecke dienen eiserne Gefäße, die mit einem Rührwerke und mit einem Schnatterrohr zum Einleiten des Dampfes versehen sind. Für eine Kaustizierung werden in der Regel 2000 kg Natriumkarbonat (Soda) und 1100 kg Aetzkalk (d. s. um rund 2% mehr als der Theorie nach erforderlich wäre), angewendet. Da der größte Teil der Soda aus den gebrauchten Kochlaugen durch Regenerierung wieder gewonnen werden kann, so ist nur jener Teil, welcher bei der Manipulation verloren gegangen ist, durch neue Soda zu ersetzen.

Die Umsetzung erfolgt nach der Gleichung:

$$Na_2CO_3 + CaO + H_2O = 2NaHO + CaCO_3.$$

Die Soda-Aetzkalkmischung wird unter fortwährendem Rühren aufgekocht, und sobald die Kaustizierung beendet ist, der Dampf abgestellt, der Niederschlag von Calciumkarbonat absitzen gelassen, und die fertige Lauge abgezogen. Da letztere nicht vollkommen klar ist, so muß sie ein Sandfilter (oder eine Filterpresse) passieren, um die feinen suspendierten Schlammteilchen zurückzuhalten. Die filtrierten Laugen müssen alsbald (längstens nach 2—3 Tagen) ihrer Verwendung zugeführt werden, da sonst die Kaustizität wesentlich zurückgeht. Der Schlamm ($CaCO_3$) wird gesammelt und in größeren Partien ausgelaugt, um das darin enthaltene Aetznatron zu gewinnen.

Beim Aufschließen des Holzes wird die Lauge tief dunkelbraun von den humusartigen Zersetzungsprodukten des Lignins. Um aus dieser ausgebrauchten Lauge das Natron wieder zu gewinnen, wird dieselbe bis zur Trockene abgedampft und der Trockenrückstand in Flammöfen geglüht, wobei die organische Substanz verbrennt und das Natron wieder als Karbonat (Soda) zurückbleibt. Es ist notwendig, daß die Soda im Flammofen möglichst weiß gebrannt wird, ohne dabei ganz zu schmelzen. Die in der Soda verbleibenden, äußerst fein verteilten Kohlenteilchen sind sehr nachteilig, da sie durch kein Filter zurückgehalten werden, mit in die Zellulose gelangen und derselben einen grünlich-blauen Farbenton erteilen, welcher auch in der Bleiche nicht weggeschafft werden kann.

Die Regenerierung der Laugen ist eine lästige und kostspielige Prozedur; der Wärmeverbrauch ist trotzdem, daß die Auslaugeprodukte mitverbrennen, dennoch ein ganz erheblicher, da auf 100 kg lufttrockener Zellulose etwa 14 hl Lauge entfallen; ferner ist auch der Sodaverlust durch Verflüchtigung beim Weißbrennen (Calcinieren) ein bedeutender, etwa 12—15%, und endlich wird auch die Herdsohle durch die schmelzende Soda stark angegriffen; es sind oftmalige Reparaturen notwendig und die Soda selbst wird durch die Bildung von Silikaten, aus der Chamottemasse der Herdsohle, immer unreiner.

Ein Teil dieser Uebelstände ist vermieden, wenn anstatt Soda das viel billigere Glaubersalz in Anwendung gebracht wird (Patent Dahl). Das Natriumsulfat (Na_2SO_4) wird, wie bereits erwähnt, beim Glühen des aus den Laugen erhaltenen Trockenrückstandes durch die vorhandene organische Substanz reduziert; es entsteht hauptsächlich Schwefelnatrium, ferner bilden sich auch schwefligsaures, unterschwefligsaures und kohlensaures Natrium. Die so erhaltene Schmelze wird in Wasser gelöst und mit Aetzkalk gekocht, wobei eine teilweise Kaustizierung stattfindet. In allen anderen Details stimmen diese beiden Soda- und Sulfatverfahren vollkommen überein.

Die Kocher, in welchen die Aufschließung des zerkleinerten Holzes vorgenommen wird, sind meist aufrecht stehende Zylinder aus starkem Kesselblech, von etwa 10 cbm Fassungsraum. Oben ist die Füllöffnung für das Holz und seitlich unten die Entleerungsöffnung für die Rohzellulose angebracht. Ferner sind die nötigen Armaturen für die Einströmung und Ausblasung des Dampfes, Einleitung der frischen und Ablassen der ausgebrauchten Lauge vorhanden. Alle Röhren und sonstigen Armaturteile müssen aus Eisen hergestellt sein, da Messing oder andere Legierungen von der Lauge stark angegriffen werden. Im Kocher sind Siebeinsätze vorhanden, welche die Lauge ungehindert durchlassen, die Holzspäne aber zurückhalten. Um Wärmeverluste nach Möglichkeit zu verhindern, sind die Kocher mit einem Isolierungsmaterial umgeben und mit Bretterwänden verschalt. Jeder Kocher steht mit dem Laugenvorwärmer und mit dem Dampfkessel in Verbindung. Kocher mit direkter Feuerung sind veraltet.

Um bei der Entleerung der Kocher an Zeit und Arbeitskraft zu sparen, hat man sie so eingerichtet, daß der gesamte Inhalt (Zellstoff und Lauge) unter schwachem Druck in offene

oder geschlossene Apparate ausgeblasen werden kann, wobei gleichzeitig eine feine Verteilung der aufgeschlossenen Holzmasse erreicht wird.

Die Lauge wird von unten in den Kocher eingelassen, um die in der Schnitzelfüllung befindliche Luft nach oben hin zu verdrängen, und durch eine entsprechende Situierung der Heizvorrichtung in ständiger Bewegung erhalten. Zuweilen werden zwei oder mehrere Kocher zu einer Batterie miteinander verbunden, so daß die Lauge von einem Kocher in den nächstfolgenden übersteigen kann, wodurch die Lauge besser ausgenützt und die Rohzellulose reiner wird.

Druck, resp. Temperatur, Kochdauer und Konzentration der Lauge müssen dem jeweiligen Rohmaterial angepaßt werden. Am leichtesten ist das Fichtenholz aufzuschließen, dann folgt Föhren- und Lärchenholz und am schwierigsten kocht sich das Tannenholz.

Die Laugen haben gewöhnlich 8—10° B.; die Kochdauer schwankt zwischen 5 und 6 Stunden und der Druck zwischen 5 und 10 Atmosphären. Meistens halten die Fabriken ihre Kochordnung geheim.

Das Natronverfahren ist der Kostspieligkeit und der geringen Ausbeute wegen schon seit einer Reihe von Jahren stark in Abnahme begriffen, wird aber zur Herstellung gewisser Papiersorten, namentlich für weiches, geschmeidiges und gut saugfähiges Papier doch noch angewendet. Für die Erzeugung von Zellstoff aus der schwer aufzuschließenden Kiefer wird es nicht zu umgehen sein, sei es, daß man es hier als solches oder in Kombination mit dem Sulfitverfahren in Anwendung bringt. In Amerika, wo heute noch 75% der gesamten Zellstoff-Fabrikation ihr Rohmaterial mit harzreichen Nadelhölzern deckt, steht das Natronverfahren im Vordergrund. Erwähnt sei hier noch, daß bei der Verarbeitung harzreicher Hölzer nach dem Natronverfahren im ersten Stadium des Aufschließprozesses ohne besondere Schwierigkeiten das Terpentinöl für sich gewonnen werden kann, wodurch eine, mitunter nicht zu unterschätzende, weil fast kostenlose, Rentabilitätserhöhung des Betriebes erzielt wird.

Unter dem Namen „Kraftzellstoff" ist in neuerer Zeit ein Zellstoffprodukt stark im Handel, welches zur Erzeugung außerordentlich fester, dunkelfarbiger Papiere (Packpapiere) verwendet wird. Dieser Kraftzellstoff stellt ein Halbprodukt dar, das durch unvollständige Aufschließung von Holz mit aufgefrischten Ablaugen des Natronverfahrens und nachfolgendes gründliches Zerfasern in Kollergängen oder Holländern erzeugt wird.

§ 22. b) Das Sulfitverfahren. Dasselbe wurde bereits 1866 dem Amerikaner Tilgham patentiert, 10 Jahre später von dem Schweden Ekman und Prof. Mitscherlich in die Praxis eingeführt, dann mehrfach abgeändert und verbessert; namentlich hat sich Dr. Kellner viele Verdienste in dieser Hinsicht erworben. Heute ist das Sulfitverfahren weitaus das gebräuchlichste und zweckmäßigste. Es basiert auf der Aufschließung der Ligninsubstanz des Holzes mittelst Calciumbisulfit $Ca(HSO_3)_2$ d. i. eine Auflösung von schwefligsaurem Calcium ($CaSO_3$) in wässeriger schwefliger Säure (H_2SO_3). Das wirksame Agens ist die schweflige Säure, während das Calcium gewissermaßen nur als Träger für die erstere zu betrachten ist.

Die Laugenerzeugung zerfällt in zwei Stadien: 1. in die Erzeugung des Schwefeldioxydes (SO_2), 2. in die Absorption desselben durch Wasser ($SO_2 + H_2O = H_2SO_3$) und Einwirkung der dabei entstehenden schwefligen Säure auf Kalkstein ($CaCO_3$), wobei Calciumbisulfit gebildet wird und Kohlensäure entweicht.

$$2H_2SO_3 + CaCO_3 = Ca(HSO_3)_2 + CO_2 + H_2O$$

Das Schwefeldioxyd wird entweder durch Verbrennen von Schwefel ($S + O_2 = SO_2$) oder durch Rösten von Schwefelkies ($2FeS_2 + 11O = Fe_2O_3 + 4SO_2$) in eigens hiefür konstruierten Oefen erzeugt.

Die Verbrennung muß bei nur mäßigem Luftüberschuß eine möglichst vollständige sein und darf kein Schwefel dabei sublimieren, weil dadurch Verluste und bei der Laugenbereitung und dem Kochprozeß Schwierigkeiten entstehen. Schwefel, obwohl teuerer, ist dem Schwefelkies vorzuziehen, weil sich der Betrieb einfacher gestaltet, kleinere Oefen ausreichen und kein Abbrand erhalten wird. Vom Schwefelkies, welcher als reiner Pyrit FeS_2 46,7% Eisen und 53,3% Schwefel enthalt, bleiben immer 3—5% Schwefel in den, nie bis ins Innere durchröstenden, Kiesstücken unverbrannt zurück. Der Abbrand ist somit ein bedeutender, das Gas ist verdünnter (enthält ca. 9—10 Vol.-Proz. SO_2) und wird daher auch nicht so leicht und vollständig absorbiert. Es enthält immer Flugasche, die sich schon in den Kühlröhren unangenehm be-

merkbar macht und bis in den Absorptionsturm gelangt. Neben Schwefeldioxyd entsteht auch immer etwas Trioxyd (SO_3) und zwar bei Kies immer mehr als bei reinem Schwefel. Dieses Trioxyd ist die Ursache der lästigen Gipsbildung bei der Laugenbereitung. Von 100 Teilen des verbrannten Schwefels gehen etwa 2—4 Teile auf Rechnung von Trioxyd.

Eine vorteilhafte Konstruktion der Pyritöfen ist der Kiesröstofen von Herreshoff, ein aufrechtstehender Zylinder mit 5 Etagen, welche der zu röstende Kies, infolge der Bewegung von Rührarmen, langsam von oben nach unten passiert. Dieser Ofen ist speziell für die Erzeugung von Bisulfitlauge sehr gut geeignet, weil er ein SO_2-reiches Gas liefert und die Bildung von Trioxyd auf ein Minimum reduziert.

Zur Absorption und Einwirkung der schwefligen Säure auf Kalkstein dienen in der Regel hohe Türme, in denen die Kalksteinfüllung von oben herab mit Wasser berieselt wird, während die schweflige Säure von unten entgegenstreicht. Die Türme sind meist aus starkem Holzgebälke hergestellt, 20—30 m hoch und 1½—1¾ m im Geviert. Sie sind mit Brettern verschalt, mit Werg oder dergleichen gedichtet und mit Teer gestrichen. Um den Druck der Kalksteinfüllung auszuhalten, müssen starke Eisenreifen angebracht werden. Der Kalkstein ruht auf einem Rost aus starken Eichenbalken; unter demselben mündet das vom Schwefel- oder Kiesofen kommende Rohr.

Um möglichst reine und konzentrierte Laugen zu erhalten, muß das Gas vor seinem Eintritt in den Turm „gewaschen" und gekühlt werden. Zu diesem Zwecke passiert es stehende oder liegende Rohrsysteme, die entweder durch die Luft oder durch Wasserberieselung gekühlt werden.

An der obersten Stelle des Turmes befindet sich ein Wasserreservoir, aus welchem das Wasser mittelst Verteilungsröhren oder Ueberlaufnäpfen durch die Kalksteinfüllung, fein verteilt, herabrieselt. Unter dem Reservoir ist eine Gosse zum Nachfüllen des Kalksteins angebracht.

Die durch die Einwirkung der schwefligen Säure auf den Kalkstein entstehende Lauge sammelt sich in einem unter dem Rost befindlichen, gemauerten Behälter und wird durch ein Bleirohr nach außen in Holzkästen abgeleitet. Bei regelrechtem Gange der Arbeit zeigt die abfließende Lauge etwa 5—7° B.; im Winter etwas mehr als im Sommer.

Der durchschnittliche Gehalt an SO_2 beträgt ca. 3½%, wovon ungefähr $^1/_3$ an Kalk gebunden und $^2/_3$ im freien Zustande vorhanden sind.

Der Wasserzulauf muß so reguliert werden, daß oben am Turm schweflige Säure nur mehr ganz schwach durch den Geruch wahrzunehmen ist, was aber nur bei sehr hohen Türmen gelingt. Um auch mit weniger hohen Türmen rascher arbeiten zu können, und das Entweichen der schwefligen Säure, welche schädigend auf die Vegetation der Umgebung wirkt, zu verhindern, werden nach dem Patente Dr. Kellner zwei Türme so miteinander verbunden, daß die schweflige Säure, welche oben aus dem ersten Turm entweicht, durch ein Tonrohr nach unten in den zweiten Turm geleitet wird, während die schwache Lauge aus dem zweiten Turm auf den ersten gehoben wird und beim Durchrieseln desselben sich mit der frischen, schwefligen Säure anreichert. Der Kalkstein wird in faust- bis kopfgroßen Stücken in den Turm gefüllt. Er soll porös und dabei doch sehr fest sein, um einerseits eine große Oberfläche zu bieten, andererseits aber auch den Druck der darüberliegenden Schichten auszuhalten. Am geeignetsten ist Kalktuff. Anstatt Kalkstein ($CaCO_3$) kann auch Dolomit ($CaMg(CO_3)_2$) oder Magnesit ($MgCO_3$) verwendet werden. Unreiner, toniger Kalk gibt zu Betriebsstörungen Anlaß, weil sich viel Schlamm bildet, der die Lauge verunreinigt und auch Verstopfungen im Turm bewirken kann. Bei reinem Kalke kann der Turm lange Zeit ungestört im Betriebe bleiben; bei unreinem Kalke muß hingegen öfters ein Durchspülen vorgenommen werden, indem man das Wasser stoßweise, in einem starken Schwall, durch die Kalksteinfüllung fließen läßt.

Die Türme haben den Nachteil, daß ihre Herstellung kostspielig ist, der Kalkstein und das Wasser hoch gehoben werden müssen, daß ferner die unteren Partien der Kalkfüllung stark korrodieren und durch den Druck der oberen Schichten zerbröckeln; auch überzieht sich die Oberfläche der Kalksteinstücke alsbald mit einer Kruste von Gips und Schlamm, welche die weitere Einwirkung der schwefligen Säure verhindert.

Um diesen Uebelständen zu entgehen, hat Dr. Kellner an Stelle der Türme Gefäßbatterien angewendet. Dieselben bestehen aus mehreren (4—5) stufenförmig aufgestellten Holzbottichen, von denen jeder $^1/_3$ m über dem vollen Boden einen Lattenboden besitzt auf welchem eine Schichte von Kalkstein liegt. Die Bottiche sind dicht geschlossen, haben im Deckel ein Mannloch zum Einfüllen und seitlich unten ein zweites zum Ausräumen des Kalksteines. Jeder Bottich ist bis zu $^2/_3$ der Höhe mit Wasser, bezw. Lauge, gefüllt. Das Schwefeldioxyd wird mittelst eines Kompressors in den zu unterst stehenden Laugenbottich gepumpt, geht durch ein Uebersteigrohr in den ersten Absorptionsbottich, von hier in den zweiten usw. fort. Aus dem letzten obersten Bottich entweichen nur mehr indifferente Gase (Stickstoff, atm. Luft und Kohlensäure), aber keine Schwefligsäure. Wasser fließt in den obersten Bottich zu; die hier entstehende schwache Lauge fließt durch ein Ueberlaufsrohr in den nächst untern usw., bis sie aus dem untersten Bottich mit der erforderlichen Konzentration in den Laugenbehälter gelangt und von hier abgezogen wird.

Außer diesem Laugenbereitungsapparat gibt es noch diverse andere auch solche bei

denen anstatt Kalkstein Kalkmilch in Anwendung kommt. Trotz der mehrfachen Uebelstände, welche den Türmen eigen sind, werden dieselben aber noch am häufigsten verwendet.

Die Kocher müssen der Einwirkung der schwefligen Säure widerstehen und einen Druck von mindestens 6 Atm. aushalten. Diesen Anforderungen entsprechen am besten zylindrische, eiförmige oder kugelförmige Gefäße aus Flußeisen oder Stahl, welche im Innern mit einem säurefesten Material ausgefüttert sind. Die zylindrischen Kocher sind liegend oder stehend; erstere zumeist rotierend, letztere feststehend. Die Kugelkocher sind immer für Rotation eingerichtet, werden aber in der Regel nur für Strohzellulose-Erzeugung benützt. Als Ausfütterung dienen Bleiplatten oder porzellanartig gebrannte, säurefeste Ziegel in Zement gelegt oder auch Glasziegel.

Die modernen Auskleidungen der Kocher werden in der Regel durch homogene Verbleiung hergestellt.

Einen einfachen, leicht auszuführenden, billigen und auch sicheren Schutz der Kocherwand gegen die schädlichen Säuredämpfe erzielt Brünnger dadurch, daß er, nach Füllung des Kochers mit Sulfitlauge oder Gipslösung, den Kocher von außen heizt. Es bildet sich so an der Kocherwandung von selbst eine undurchlässige Kruste, welche jegliche Berührung des Metalls mit der schwefligen Säure verhindert. Nach Baerwaldt soll sich eine Auskleidung des Kochers mit einer dicken Schicht eines Zement-Wasserglasgemisches, die mit einer Bleiglätte-Kitte gründlich verrieben wird, gut bewähren.

Die Sulfit-Kocher haben gewöhnlich einen Fassungsraum von 60 bis 100 m^3. Neuerer Zeit baut man auch sehr große Kocher mit mehr als 200 m^3 Kapazität. Große Kocher haben den Vorteil, daß die Wandfläche im Verhältnis zum Inhalt geringer ist, ferner bei der gleichen Produktionsmenge auch weniger Armaturstücke erforderlich sind, welche durch die Säure stark angegriffen werden und bald zugrunde gehen. Jeder Kocher ist mit einer Füll- und Entleerungsöffnung versehen, ferner mit den nötigen Armaturen: Ventile für Lauge, Dampf, Gasausströmung, Probenahme, Sicherheitsventil, Manometer-Thermometer. Die Heizung geschieht entweder durch direkte Dampfeinströmung oder mittelst Heizschlangen aus Hartblei, Kupfer oder zinkfreier Bronze, welche bei stehenden Kochern der Kocherwandung angepaßt, bei liegenden als ein Heizrohrsystem im unteren Teil des Kochers angeordnet sind. Auch Mantelheizung mit Dampf oder heißer Luft wird angewendet.

Der Kochprozeß beim Sulfitverfahren — im Prinzip überall fast gleich — wird in seinen Details von den einzelnen Fabriken, je nach der Einrichtung der Fabrik und der Beschaffenheit des Rohmateriales verschieden durchgeführt. Zunächst wird der Kocher mit den sortierten Holzspänen so weit gefüllt, daß ein Raum von etwa 40 cm frei bleibt. Sodann folgt das Dämpfen bei 100° C., was den Zweck hat, die Luft auszutreiben, damit die Lauge leichter in das Holz eindringen kann; ferner setzt sich auch die Holzfüllung dichter zusammen, so daß eine größere Menge eingebracht werden kann. In französischen Fabriken wird auch überhitzter Dampf für diesen Zweck verwendet. Nachdem das Kondenswasser abgelaufen ist, wird Lauge eingelassen und die Heizung so reguliert, daß die Temperatur allmählich auf 128° steigt. Temperatur und Kochdauer müssen dem Holzmaterial angepaßt werden. In der Regel kocht man 26—30 Stunden bei 3½—4 Atm. oder 60 Stunden bei 2½ Atm. Ueberdruck. Temperatur und Druck stehen hier nicht in Relation wie bei einem Dampfkessel, weil neben dem Dampfdruck auch noch der Gasdruck, herrührend von der aus der Lauge ausgetriebenen schwefligen Säure, mitwirkt.

Die Sulfitlauge löst die inkrustierende Substanz, ohne die Zellulose selbst erheblich anzugreifen.

Ueber die beim Kochen des Holzes mit Sulfitlauge sich abspielenden chemischen Prozesse, welche sehr komplizierter Natur sind, ist man noch im unklaren.

Nach Klein erfolgt durch die Sulfitlauge eine Aufspaltung der Lignin-Zellulose-Ester, als welche ja das Holz angesehen wird, wobei neben Zellulose das Kalksalz der Ligninsulfosäure ($C_{18}H_{19}O_8SCa\frac{1}{2}$ oder $C_{40}H_{44}O_{17}S_2Ca$) entsteht. Klason nimmt das Lignin als eine glukosidartige Verbindung an, welche zum Teil aromatischer Natur ist, zum Teil aber aus einer Zuckerart oder Zellulose besteht. Sie enthält eine Oxypropylengruppe $CH = CHCH_2OH$, ferner Methoxyl, Hydroxyl und Aldehyd-Gruppen. Beim Kochprozeß lagert sich die Säure an die doppelte Bindung:

$$\begin{array}{l} =C \\ \;\;\| \\ =C \end{array} + H_2SO_3 \qquad \begin{array}{l} =CH \\ \;\;| \\ =C\,.\,SO_3H \end{array}$$

Nach einer anderen Theorie wird jedoch das Lignin unter Bildung aldehydartiger Ver-

bindungen zersetzt, welche mit Bisulfit wasserlösliche Reaktionsprodukte geben. Als Nebenprodukte entstehen Hexosen, Pentosen, ferner auch leimähnliche Substanzen, Gips, freier Schwefel und Schwefelsäure.

Ein Hindernis bei der Aufschließung ist das Harz. Eine Gewinnung des Terpentinöles ist beim Sulfitverfahren nicht möglich, weshalb entweder das Holz vor der Aufschließung oder der Zellstoff bei der Reinigung durch geeignete Mittel entharzt werden muß.

Nach beendeter Kochung, was durch eine Probe der Lauge auf ihren Gehalt an SO_2 erkannt wird, wird das freigewordene Schwefligsäuregas in einen sog. Uebertreibturm oder eine entsprechende Absorptionsvorrichtung abgeblasen, der Kocherinhalt einigemal mit heißem Wasser ausgewaschen, um den größten Teil der Lauge wegzubringen, und sodann die Rohzellulose entleert.

§ 23. c. Das elektrochemische Verfahren (Patent Kellner). Wird Kochsalzlösung der Einwirkung eines starken elektrischen Stromes ausgesetzt, so scheidet sich an der Anode das Chlor und an der Kathode das Natrium ab; da Wasser zugegen ist, geht ersteres teilweise in unterchlorige Säure und letzteres momentan und vollständig in Natriumhydrat über. Zur Aufschließung des Holzes verwendet Kellner eine zweiteilige, gemauerte und mit Tonplatten ausgelegte Zisterne, in der jede Abteilung eine Elektrode enthält. Dadurch, daß man den Strom von Zeit zu Zeit wechselt, wird das Holz einmal der Einwirkung von Natronlauge, das anderemal aber der von Chlor und unterchloriger Säure ausgesetzt, auf diese Weise aufgeschlossen und gleichzeitig auch gebleicht.

Dieses Verfahren — an sich ausgezeichnet, weil es sehr feste und reine Zellulose liefert — konnte sich aber bisher im Großbetriebe nicht einführen, da die Apparate der Zersetzungszellen, mangels eines geeigneten Materials, ständige und kostspielige Reperaturen erheischen, welche die Rentabilität des Verfahrens in Frage stellen.

Die Aufschließung mit Sulfitlauge ist dermalen noch immer die rentabelste und wird daher das elektrochemische Verfahren vorläufig nur zu Bleichzwecken benützt.

§ 24. 3. Das Auslaugen, Zerfasern, Sortieren und eventuell Bleichen der Rohzellulose, sowie das Entwässern und Trocknen der fertigen Zellulose. Bei der Natronzellulose-Fabrikation handelt es sich um möglichst vollständige Rückgewinnung der ausgebrauchten Lauge. Es ist daher notwendig, daß dem Waschen der Rohzellulose eine Auslaugung vorangeht. Um die Lauge dabei nicht zu viel zu verdünnen, muß das Auslaugen systematisch, nach Art des Batteriebetriebes, vorgenommen werden. Man verwendet für diesen Zweck eine Kombination von mehreren (4—8) Gefäßen (eiserne Reservoire oder zementierte Zisternen), welche mit Siebböden versehen sind und durch Ueberlaufröhren miteinander kommunizieren. Die Rohzellulose gleitet aus den Kochern über eine rinnenförmige Rutsche direkt in die Auslaugegefäße. Auf das jeweilig erste Gefäß läuft Wasser zu, durchdringt die Zellulosefüllung, fließt durch den Siebboden ab und steigt durch das Ueberlaufrohr auf das nächstfolgende Gefäß. Dieser Vorgang wiederholt sich von Gefäß zu Gefäß. Die Lauge nimmt dabei immer an Konzentration zu und fließt endlich mit etwa 8—10° B. aus dem jeweilig letzten Gefäß der Batterie ab. Ist der Inhalt des ersten Gefäßes (I) ausgelaugt, so wird der Wasserzufluß auf II gestellt, I entleert, von neuem mit Rohzellulose beschickt und als letztes Gefäß in den Turnus eingeschaltet.

Bei der Sulfitzellulose-Fabrikation, wo man auf eine Wiedergewinnung der Lauge nicht reflektiert, entfällt diese Manipulation.

Die Abwässer aus diesen Fabriken verursachen nicht selten große Kalamitäten, da sie in öffentliche Wasserläufe nicht ohne weiteres abgelassen werden dürfen und eine vollkommen befriedigende Reinigungsmethode hierfür nicht existiert. Nur dann, wenn eine entsprechend starke Verdünnung der Ablaugen — nach Klason eine mindestens 1000fache, nach Vogel eine 500fache — im öffentlichen Gerinne erfolgen kann, dürfen diese Abwässer demselben direkt zugeführt werden.

Ueber die Zusammensetzung dieser Abfallprodukte (auf Trockensubstanz bezogen) pro 1 t Zellstoff gibt Klason folgende Berechnung:

Lignin	644	oder	600 kg
Kohlehydrate	311	„	325 „
Protein	15,5	„	15 „
Harz und Fett	73	„	30 „
Schweflige Säure (an Lignin gebunden)	235	„	200 „
Aetzkalk	102	„	90 „
	1 380	„	1260 kg

Schädlich für die Lebewesen in und an den Flußläufen, welche solche Abwässer aufnehmen, ist in erster Linie der Gehalt derselben an schwefliger Säure, welche weniger vielleicht als direktes, denn als indirektes Fischgift zu bezeichnen ist. Letzteres aus dem Grunde, weil bei der außerordentlich raschen Oxydation der schwefligen Säure zu Schwefelsäure, infolge der starken Verdünnung, Sauerstoffmangel im Wasser eintreten kann.

In zweiter Linie sind es die Kohlehydrate und Proteinstoffe, welche, als geeignete Nährsubstrate für Kleinlebewesen, durch ihre Gärungsprodukte die Wasserläufe verunreinigen und namentlich an den ruhigeren Stellen derselben die Fische von ihren Laichplätzen vertreiben.

Die Ligninstoffe dürften aller Wahrscheinlichkeit nach bei der Selbstreinigung der Flüsse durch den Sauerstoff und die Lebewesen des Wassers beseitigt werden.

Wo ungenügende Wassermengen zur Aufnahme der Abfallprodukte vorhanden sind, muß für eine Unschädlichmachung dieser Vorsorge getroffen werden. Der Versuche in dieser Richtung gibt es zahllose. Die Fällung der schwefligen Säure mit Kalkmilch zu Monosulfit und die Verwendung der über dem Niederschlag sich ergebenden Flüssigkeit zur Berieselung von Feldern und Wiesen hat keine befriedigenden Resultate ergeben. Durch Eindampfen die Ablauge in einen festen Rückstand überzuführen, der als Heizmaterial dienen soll, ist zu kostspielig. Alle übrigen Verwendungsarten der Ablaugen: zu Gerbzwecken, zur Erzeugung von Oxalsäure, eines Dextrin-Surrogates (Dextron genannt), eines Bindemittels (Zellpech) für pulverige Substanzen bei deren Formung und Brikettierung, als Heilmittel für Lungenkranke (als Lignosulfit in fester Form) usw. sind von untergeordneter Bedeutung.

In neuester Zeit sollen Versuche, die Sulfitablauge — nach Neutralisation der Säure bis zu dem für die Hefe günstigen Säuregrad — vergären zu lassen und so zur Spiritusgewinnung heranzuziehen, von Erfolg gewesen sein. Aus 100 hl Lauge sollen 60 Liter absoluter Alkohol gewonnen werden können.

Mit Rücksicht auf die Schwierigkeit der Beseitigung der Abfallprodukte einer Sulfitstoff-Fabrik muß daher schon vor deren Errichtung besonderes Augenmerk auf diesen Umstand gerichtet werden. Die Menge der Abwässer solcher Fabriken ist eine sehr bedeutende. Von einem Kocher mittlerer Größe resultieren etwa 60 cm³ Ablauge, welche beiläufig 5000 kg organische Substanz und 3000 kg Kalksalze enthalten.

Die Rohzellulose, wie sie aus dem Kocher, oder beim Natronverfahren aus den Auslaugekästen kommt, besteht der Hauptmenge nach aus Faserbündeln, welche zerteilt werden müssen. Zu diesem Zwecke benützte man früher fast ausschließlich die sogen. Holländer, wo durch eine rasch rotierende Trommel mit Grundwerk, welche beide mit schräggestellten Messerschienen besetzt sind, das Zerfasern der im Wasser verteilten breiartigen Zellulosemasse erfolgt. Diese Einrichtung hat aber den Nachteil, daß die Faser dadurch stark beschädigt wird. Gegenwärtig benützt man schwach konisch geformte Trommeln mit durchgehender Welle, welche mit quirlartig gestellten Fingern besetzt ist. Durch die Reibung trennen sich die Faserbündel, während die unaufgeschlossenen harten Teile, die sogen. Knorren unzerkleinert bleiben. Aus dem Zerfaserer gelangt die dünnbreiige Zellulosemasse in eine zweite Trommel, deren Mantel aus Holz- oder Hartgummistäben hergestellt ist. Das feinfaserige Material geht durch die Schlitzöffnungen des Trommelmantels und wird vom Wasser weiter geschwemmt, während die Splitter und Knorren am vorderen Ende der etwas schräg liegenden Trommel herausfallen. Der so sortierte Stoff passiert dann noch eine 10—20 m lange Rinne, den sog. Sandfang, wo sich die spez. schwereren Beimengungen, Sand u. dgl., abscheiden. Aus dem Sandfang fließt der Stoff in eine Rührbütte und wird von hier mittelst Schöpfrädern auf die Entwässerungsmaschine gehoben. Als solche dienen Rund- und Langsiebe. Das Wasser fließt durch die feinmaschigen Siebe ab, während der Stoff darauf zurückbleibt. Die weitere

Trocknung geschieht auf langsam rotierenden gußeisernen Zylindern, welche mit Dampf geheizt werden. Es resultiert dabei Rollenpapier, welches die gewöhnliche Handelsform für Zellulose ist.

Zellulose wird in der Regel im ungebleichten Zustande an die Papierfabriken geliefert, welche die Bleichung selbst nach Bedarf vornehmen. Für gewisse Verwendungen speziell als Filtermaterial, wird aber gebleichte Ware verlangt. Zum Bleichen benützt man fast ausschließlich einen klaren, wässerigen Auszug von Chlorkalk, dessen wirksamer Bestandteil das Calciumhypochlorit $CaCl_2O_2$ ist. Sulfitzellulose bleicht sich am leichtesten und genügen hierzu etwa 8% Chlor. Sulfatzellulose erfordert 10—12 und Sodazellulose 18—22% Chlor. Diese Zahlen beziehen sich auf trockene Zellulose. Durch die Bleiche verliert die Faser an Festigkeit und Elastizität; es darf daher nicht mehr gebleicht werden, als unbedingt notwendig ist.

§ 25. 4. **Ausbeute, Beschaffenheit und Verwendung der Zellulose.** Die Ausbeute an Zellulose ist bei den verschiedenen Holzarten, auf das Gewicht bezogen, ziemlich gleich. Im allgemeinen geben die Nadelhölzer etwas höhere Ausbeuten. Der Hauptunterschied liegt im Putzverlust und in der Art der Aufschließung.

Von 100 kg lufttrockenem Holze werden durchschnittlich beim Natronverfahren 28—34 kg und beim Sulfitverfahren 45—52 kg ungebleichte, lufttrockene Zellulose gewonnen. Auf ein Festmeter reines, geschältes, astfreies Scheitholz bezogen, kann man beim Sulfitverfahren 200—210 kg lufttrockener Zellulose rechnen.

Hinsichtlich der Festigkeit der Faser ist die Natronzellulose mit der Baumwolle und die Sulfitzellulose mit der Leinen- oder Hanffaser zu vergleichen. Nichtsdestoweniger besitzt aber das Zellulosepapier doch eine geringere Festigkeit als das Hadernpapier. Natronzellulose ist in chemischer Hinsicht reiner als die Sulfitzellulose, da das Natronhydrat die inkrustierenden Substanzen vollkommener in Lösung bringt, als dies beim Sulfit der Fall ist. Auch ist die Sulfitzellulose in der Regel aschenreicher, indem das beim Kochprozeß ausfallende Calciummonosulfit beim Waschen der Rohzellulose nicht vollkommen entfernt wird.

Natronzellulose ist weicher und geschmeidiger als Sulfitzellulose.

Die Zellulose soll frei sein von Knotenfaserbündeln und sonstigen Beimengungen; namentlich schädigen bleichunfähige Verunreinigungen, wie: Rindenfragmente, braune Faserbündel von den Astansätzen, erdige Teile, Abschürfungen von den Treibriemen und dergl. das Produkt in hohem Grade.

Die Hauptverwendung findet die Zellulose in der Papierfabrikation und nur verhältnismäßig geringe Quantitäten dienen dermalen für andere Zwecke, jedoch werden vielfach Anstrengungen gemacht, ein weiteres Verwendungsgebiet zu gewinnen.

So sind z. B. erst in den letzten Jahren durch eine Anzahl Patente Verfahren geschützt worden, welche die Herstellung von Garnen (Sylvalin, Xylolin etc.) aus Zellstoff bezwecken, einen billigen Ersatz für Baumwolle- und Flachs-Garne. Auch zur Erzeugung von Filz, Watte und Badeschwämmen wird Zellulose verwendet.

Unter dem Namen „Pergamyn" ist ein Surrogat für Pergamentpapier in dem Handel, welches durch andauerndes Mahlen von Sulfitzellstoff in Holländern mit stumpfen Messern zu einer schleimigen Masse (Hydratzellulose), welche dann bei der Papierbereitung die unzerkleinerten Fasern einhüllt, erhalten wird. Wird dieses Zermahlen des Zellstoffes bis zur Bildung eines gleichmäßigen, faserfreien Breies fortgesetzt und der Brei durch freiwilliges Verdunsten des Wassers oder Erwärmen auf 40° C. trocknen gelassen, so resultiert schließlich eine feste, hornartige Masse, „Zellulith", welche sich wie Horn, Ebonit u. dgl. bearbeiten und verwenden läßt.

Nicht unbeträchtlich ist der Absatz an Zellulose als Filtermaterial. Für diese Art der Verwendung wird die Zellulose in Platten von etwa 50 cm im Geviert und 5 cm Dicke gepreßt, um ein bestimmtes Maß für die Filterfüllung zu haben. Diese Platten werden bei ihrer Verwendung in Stücke gebrochen, in Wasser aufgeschlämmt und der so entstehende Faserbrei in das Filter eingefüllt. Fast alle Bierbrauereien

und Weinkellereien benützen solche Zellulose-Filter. Auch in mehreren anderen Gewerben, wo es sich darum handelt, Flüssigkeiten zu klären, wird Zellstoff als Filtermaterial verwendet.

Von diversen Umwandlungsprodukten der Zellulose wie: Schießbaumwolle, Zelluloid, Kunstseide u. a. war bereits auf Seite 555 und 556 die Rede.

Im Anschlusse an diese Ausführungen über die Gewinnung und Verwendung der Zellulose aus Holz sei hier eine höchst interessante Zusammenstellung über die Wertsteigerung des Holzes durch seine Verarbeitung zu Zellulose und weiterhin zu Kunstseide angeführt, welche Dr. O. N. Witt in seinem Vortrage „Die künstlichen Seiden" 1909, nach Angaben Dr. M. Müllers, veröffentlicht:

1.	1 Rm.	Holz = 400 bis 500 kg, kostet im Walde	Mk.	3
2.	1 „	als Brennholz	„	6
3.	1 „	auf ca. 150 kg Zellstoff verarbeitet (100 kg Zellstoff = 15—20 Mk.)	„	30
4.	1 „	zu Zellstoff u. weiter zu Papier verarbeitet	„	40—50
5.	1 „	„ „ „ „ „ Garn „	„	50—100
6.	1 „	„ „ „ „ „ künstl. Roßhaar „	„	1500
7.	1 „	„ „ „ „ „ Kunstseide „	„	3000
8.	1 „	„ „ „ „ „ Acetatseide „	„	5000

§ 26. Holzstoffgewinnung. Unter Holzstoff oder Holzschliff versteht man fein zerfasertes Holz. Das Produkt besitzt dieselbe Farbe wie das angewandte Holz und da es nicht bleichfähig ist, so ist zur Herstellung eines lichten Stoffes hellfarbiges Holz erforderlich.

Das hauptsächlichste Material für den Holzstoff bildet die Fichte, weniger häufig wird die Tanne verwendet. Diese beiden liefern hellgelben Stoff von ziemlich langer Faser. Die Föhre schleift sich des großen Harzgehaltes wegen schwierig, gibt zwar eine feine, aber nur kurze Faser von rötlich gelber Farbe. Die Lärche gibt eine gröbere, kurze Faser von rötlicher Farbe. Föhren- und Tannenstoff dunkeln beim Liegen stark nach und werden matt. Unter den Laubhölzern nimmt die Linde den ersten Rang ein; sie läßt sich am leichtesten schleifen, gibt die größte Ausbeute, liefert einen feinen Stoff, welcher aber beim Liegen stark nachdunkelt und eine schmutziggraue Farbe annimmt. Aspe und Pappel schleifen sich ebenfalls leicht und geben einen sehr weißen Stoff, welcher nicht nachdunkelt. Weißbuche und Ahorn sind schwer zu schleifen und geben daher nur eine geringe Ausbeute. Die Faser ist hellfarbig und fein. Alle Laubhölzer liefern nur kurzfaserigen Stoff.

Bezüglich der Vorbereitung des Rohmaterials (Entrinden, Spalten und Putzen) gilt das bei der Zellulose-Fabrikation bereits Erwähnte.

Das Holz wird mittelst Kreis- oder sog. Blocksägen in Klötze von 35—50 cm Länge und gewöhnlicher Spaltholzdicke zugerichtet. Das Zerfasern geschieht auf Schleifsteinen, sog. Defibreurs, mit oder auch ohne Wasserzulauf. Die Schleifsteine müssen aus feinkörnigem, harten Sandstein hergestellt und der ganzen Masse hindurch gleichartig sein. Ungleich harte Stellen bedingen eine ungleiche Abnutzung der Schleiffläche.

Die Steine haben einen Durchmesser von 100—150 cm und eine Dicke von etwa 50 cm. Sie rotieren entweder in horizontaler, gewöhnlich aber in vertikaler Richtung, mit einer Umfangsgeschwindigkeit von ungefähr 700 m pro Minute. In der Regel wird auf der Mantelfläche, hier und da aber auch auf der Scheibenfläche geschliffen.

Anstatt die Steine aus einem Stück herzustellen, werden dieselben auch aus mehreren Segmenten zusammengesetzt, was den Vorteil hat, daß Fehler und Hohlräume im Inneren des Steines leichter entdeckt und beseitigt werden können. Statt der gewöhnlichen Scheibenform werden mitunter auch kegelförmige Schleifsteine benützt.

In diesen Schleifmaschinen wird das zu schleifende Holz in Einlagkästen, 5—8 an der Zahl, mittelst Druckvorrichtungen gegen den rasch rotierenden Stein gepreßt und unter Wasserzulauf zerfasert. Die Andrückung des Holzes erfolgt entweder mittelst einer Gewichtsbelastung durch Ketten- oder Seilübertragung, oder durch ein von der Maschine selbst betätigtes Zahnstangengetriebe, oder bei den neusten Konstruktionen durch hydraulischen Druck. In jedem Falle muß sie eine gleichmäßige und kontinuierliche sein.

Das Schleifen erfolgt entweder parallel oder senkrecht oder aber schief zur Faserrichtung des Holzes, und darnach unterscheidet man: Längsschliff, Querschliff und Diagonalschliff; der gebräuchlichste ist der Längsschliff. Der Kraftaufwand ist ein beträchtlicher; für je 100 kg lufttrockenen Holzschliff in 24 Stunden sind etwa 6 PS. erforderlich.

Der von den Schleifmaschinen abfließende Faserbrei passiert zunächst einen Splitterfänger, um die gröberen Teile zurückzuhalten und gelangt sodann auf die Schüttelsiebe. Dieselben sind aus gelochtem Kupferblech hergestellt, haben eine schwache Neigung und werden durch eine Kurbelwelle in sehr rasche Oszillation versetzt. Gewöhnlich sind zwei, mitunter auch drei Siebe von verschieden feiner Lochung übereinander angebracht. Der Faserbrei fließt aus einer Verteilungsrinne auf das obere Sieb, geht durch dasselbe auf das nächst untere und durch das unterste in einen Sammeltrichter, welcher den nunmehr sortierten Stoff auf die Pappenmaschine bringt. Die gröberen Fasern, welche am vorderen, tiefer liegenden Ende der Rüttelsiebe ausgeworfen werden, gelangen in eine rinnenförmige Rührbütte und werden von hier mit einer Pumpe auf den Raffineur gehoben. Derselbe ist nach Art eines Mahlganges konstruiert, zerreibt die gröberen Teile, welche sodann im zerkleinerten Zustande auf die Schüttelsiebe geleitet werden.

Außer den Schüttelsieben werden mitunter auch Zylindersiebe oder aber rotierende Flachsiebe verwendet, bei denen durch die Fliehkraft die Sortierung erfolgt. Endlich gibt es auch Apparate, in welchen die Trennung der feinen Fasern von den gröberen Beimengungen durch die verschiedene Schwere geschieht.

In den Pappenmaschinen wird der sortierte Stoff auf ein feinmaschiges Drahtsieb geleitet, durch welches das Wasser abläuft, während die Fasern auf der Siebfläche zurückbleiben. Der auf solche Art gewonnene Holzstoff enthält 80—90 % Wasser und kann nur an Ort und Stelle verwendet werden. Für die Versendung oder längere Aufbewahrung ist er ungeeignet. Zu diesem Zwecke muß er mindestens durch Druck so weit entwässert werden, daß sein Trockengehalt etwa 50 % beträgt. Eine weitergehende Trocknung ist nur unter Anwendung von Wärme möglich.

Bei der Lagerung des Holzstoffes, der infolge seines relativ hohen Wassergehaltes einen guten Nährboden für Schimmelpilze abgibt, muß man Sorge dafür tragen, daß entweder die Luft keinen Zutritt hat oder eine kräftige Ventilation im Lagerraum statthaben kann; am gefährlichsten ist stagnierende Luft. Auch die Anwendung verschiedener Immunisierungsmittel chemischer Natur wurde in Vorschlag gebracht.

Der Holzstoff kommt in der bekannten Form der „Pappe“ oder in geringerer Stärke in Rollen oder endlich als sog. Schabstoff, lose in Säcken, mitunter auch zu Rollen geformt, in den Handel.

Der Holzschliff hat eine unansehnliche Farbe, ist — wie schon erwähnt — bleichunfähig und besitzt eine kurze, steife Faser, welche sich schlecht verfilzt. Er ist daher nur für die Erzeugung von Pappe oder ordinären Papiersorten geeignet.

Das Schleifen des Holzes wird wesentlich erleichtert, wenn ein Dämpfen vorangeht. Das unter einem Druck von 4—5 Atm., in gußeisernen Kesseln 8—14 Stun-

den lang, gedämpfte Holz schleift sich leicht, gibt eine längere, geschmeidigere und leichter verfilzbare Faser. Durch das Dämpfen wird aber das Holz dunkler und ist daher dieses Verfahren nur zur Herstellung von braunem Stoffe („Braunschliff") verwendbar. Noch leichter gelingt das Schleifen, wenn man das Holz abwechselnd dem Dampfdruck allein und sodann dem unter Dampfdruck stehenden Wasser aussetzt. Der Braunschliff hat in den letzten Jahren eine sehr starke Verbreitung gefunden, da er fast ausschließlich das Material für die braunen Packpapier-Sorten, Kartons etc. bildet.

Bemerkenswert ist noch der sog. Heißschliff, welcher in Amerika so gut wie allgemein ausgeführt wird und darin besteht, daß man während des Schleifens das Holz mit starkem Druck gegen den Stein preßt und nur wenig oder gar kein Wasser zulaufen läßt, wodurch eine bedeutende Erwärmung hervorgerufen wird.

Die Vorteile dieses Heißschliffes gegenüber dem bei uns gebräuchlicheren Kaltschliff mit starkem Wasserzulauf sind: größere Leistungsfähigkeit der Schleifmaschinen, geringerer Kraftverbrauch (pro 100 kg lufttrockenem Stoff in 24 Stunden 3—4 PS. statt 6) und eine gründlichere Zerfaserung und Zerquetschung des Holzes, wodurch ein feiner, fast splitterfreier, geschmeidiger und sehr griffiger Stoff erzielt wird, der ohne Schwierigkeit sich als solcher zu dickeren Pappen verarbeiten läßt.

Aus bescheidenen Anfängen hervorgegangen, hat die Holzstoffindustrie, seit ihrer Erfindung durch Keller im Jahre 1840, ebenso wie die Zellstoffindustrie, einen kolossalen Aufschwung genommen, namentlich als man, durch verschiedene Verhältnisse gezwungen, daran ging, den Holzschleifereien auch Papierfabriken anzugliedern, natürlich nicht zur Erzeugung feiner, sondern billiger Massen-Papiere (Zeitungs-, Affichen- etc. Papiere). Während ursprünglich ausschließlich und auch heute noch für kleinere Unternehmungen Wasserkräfte zum Betrieb von Holzschleifereien ausgenützt wurden, findet sich in der neueren Zeit bereits eine stattliche Zahl von Holzstoff-Fabriken, welche nur mit Dampfkraft gewaltige Mengen von Holzschliff rentabel produzieren.

IV. Trockene Destillation des Holzes.

(Holzverkohlung, Teergewinnung, Holzessig- und Holzgeist-Erzeugung.)

§ 27. Allgemeines. Wird Holz unter Luftabschluß oder bei beschränktem Luftzutritt erhitzt, so entweicht bis zu 100° C. nur das hygroskopische Wasser, die Holztrockensubstanz aber bleibt bis ungefähr 150° C. unverändert. Erst über diese Temperaturgrenze hinaus beginnt eine Zersetzung des Holzes, wobei Gase, kondensierbare Destillate und ein fester Rückstand entstehen, welche in ihrer Menge und Zusammensetzung verschieden sind, je nachdem ob sie unter völligem Luftabschluß oder bei beschränktem Luftzutritt gebildet wurden.

Bei der trockenen Destillation des Holzes lassen sich im allgemeinen drei Perioden unterscheiden:

In der ersten Periode (zwischen 150 und 260° C.) bildet sich hauptsächlich wässeriges Destillat. Der wesentlichste Bestandteil desselben ist Wasser. In geringerer Menge sind darin enthalten: Essigsäure ($C_2H_4O_2$), Holzgeist (CH_4O), Aceton (C_3H_6O), Furfurol, Methylamin etc. Verdichtbare Kohlenwasserstoffe (Teer) und nicht kondensierbare Gase treten nur in beschränktem Maße auf. Die Gesamtmenge der flüchtigen Stoffe beträgt rund 60% vom Gewichte der Holztrockensubstanz. Der Rückstand (40%) hat eine braune Farbe und kann als Röstholz angesprochen werden. Der Köhler bezeichnet diese halbverkohlten Stücke als „Brände".

In der zweiten Periode (zwischen 260 und 330° C.) bildet sich zwar auch noch wässeriges Destillat, jedoch in geringerer Menge; dafür treten hauptsächlich Kohlenwasserstoffe: Methan (Sumpfgas CH_4), Aetylen (C_2H_4), Acetylen (C_2H_2) etc., ferner Kohlenoxyd (CO) und Kohlensäure (CO_2) auf. Die geringe Menge Stickstoff, welche im Holz enthalten ist, verbindet sich mit dem Wasserstoff zu Ammoniak (H_3N) und teils mit Kohlenwasserstoff zu Methylamin (CH_5N). Der Gesamtverlust durch Entweichen der flüchtigen Bestandteile steigt auf 70%,

so daß der Rückstand, welcher als Rotkohle bezeichnet wird, jetzt etwa noch 30% vom Holzgewicht ausmacht.

In der dritten Periode (von 330—430° C.) geht vornehmlich die Teerbildung vor sich. Der Teer scheidet sich als dunkelbraune, dickflüssige Masse ab und sinkt zum größten Teil im wässerigen Destillat unter. Seine Hauptbestandteile sind: Paraffin, Kresole, Karbolsäure, Benzol, Toluol etc. Als Gase treten fast nur Methan und Wasserstoff auf. Der Rückstand hat eine schwarze Farbe, „Schwarzkohle", und beträgt etwa 20% vom Holzgewicht. Bei fortgesetzter Steigerung der Temperatur findet zwar noch eine weitergehende Zersetzung statt, die aber insofern ohne wesentlichen Belang ist, da in der Praxis so hohe Temperaturen nicht in Anwendung kommen. Der gewöhnliche Verkohlungsvorgang ist bei etwa 400—450° C. als abgeschlossen zu betrachten.

Nach den Untersuchungen von Klason, v. Heidenstam und Norlin [1]) läßt sich der bei dieser Temperatur verlaufene Destillationsprozeß nach folgender Gleichung darstellen:

$$\underbrace{2C_{42}H_{66}O_{28}}_{\text{Holz}} = \underbrace{3C_{16}H_{10}O_2}_{\text{Holzkohle}} + 28H_2O + 5CO_2 + 3CO + C_{28}H_{32}O_9$$

Uebrige Produkte: Holzessig + Teer + Gase

Der Prozeß ist ein exothermischer Reaktionsvorgang, also einer, bei dem Wärme frei wird (etwa 6% von der Verbrennungswärme des Holzes) und bei dem die Zellulose keinen Methylalkohol liefert, dieser somit aus dem Lignin gebildet werden muß.

Aus den Untersuchungen von Violette über die Vorgänge bei der Verkohlung des Faulbaumholzes (Rhamnus frangula) ergaben sich folgende Zahlen:

	Temperatursteigerung bis ° Cels.	Von 100 Gewichtsteilen Holztrockensubstanz werden erhalten:		In 100 Gewichtsteilen des Rückstandes sind enthalten:			
		Destillationsprodukte	Rückstände	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Asche
Trockenes Holz	150	--	100	47,5	6,1	0,1	46,3
Röstholz	260	60	40	67,9	5,0	0,6	26,5
Rotkohle	330	68	32	73,6	4,6	0,5	21,3
Schwarzkohle	432	81	19	81,6	2,0	1,2	15,2
Sehr harte Schwarzkohle	von etwa 1000	—	—	82,0	2,3	1,6	14,1
	bis über 1500	85	15	96,5	0,6	2,0	0,9

Eine vollkommene Entgasung ist bei den erreichbaren Temperaturen nicht möglich. Ein kleiner Teil von Wasserstoff und Sauerstoff verbleibt immer noch im Kohlenrückstande.

Verkohlungs-Methoden. Im wesentlichen kann man zwei Hauptarten der Verkohlung unterscheiden: 1) die Verkohlung bei beschränktem Luftzutritt in Meilern, Gruben oder Oefen mit direkter Feuerung und 2) die Verkohlung unter vollständigem Luftabschluß in Oefen mit indirekter Feuerung, Retorten oder Kesseln.

Denz [2]) unterscheidet scharf zwischen diesen beiden Methoden als der eigentlichen „Holzverkohlung" und der „trockenen Destillation des Holzes", welch letztere soeben auf Grund genauer Untersuchungen charakterisiert wurde. Bei der „Holzverkohlung" bedarf es, nach Denz, bloß einer entsprechend hohen Initialtemperatur im Meiler — über 400° C. durch die Anfeuerung erzielt — damit der Schwel- oder Verkohlungsprozeß in Gang gebracht wird, sich aber dann von selbst erhält, also nahezu rein exothermisch verläuft.

Mit weit geringeren Temperaturen, als solche bei der trockenen Destillation erforderlich sind, findet Denz das Auslangen bei der Meilerverkohlung, da Temperaturmessungen im Meiler ergeben haben, daß unter 240° C. die Holzverkohlung zwar noch nicht vor sich geht, dieselbe aber zwischen 240 und 280° C. regelrecht verläuft. Bei einer Temperatur von 290° C. wird schon Kohle minderer Qualität und Quantität gebildet.

Darnach würde also der Verkohlungsprozeß im Meiler nicht, wie bisher allgemein an-

1) Klar, Technologie der Holzverkohlung, Berlin 1910.
2) Denz, Die Holzverkohlung und der Köhlereibetrieb, Wien 1910.

genommen, durch die unvollständige Verbrennung eines Teiles des Kohlungsmateriales, sondern durch die Reaktionswärme erhalten werden und müßte somit verlustlos verlaufen.

Durch den in jedem Meiler herrschenden Zug wird aber so viel Sauerstoff mit der atmosphärischen Luft zugeführt, daß eine, wenn auch nur unvollständige, Verbrennung eines geringen Teiles der Kohlungsmaterie nicht hintanzuhalten ist und somit Wärmeentwicklung, infolge unvollständiger Verbrennung, stattfinden muß. Ob und in welchem Maße nun diese die trockene Destillation unterhält oder auch nur fördert, mag dahingestellt sein, insolange als Untersuchungen in dieser Richtung fehlen.

Jedenfalls aber bedingt diese Verbrennung einen Holzverlust und je mehr man sie zurückdrängt, desto höher wird die Ausbeute an Holzkohle und kondensierbaren Destillationsprodukten. Bei der Verkohlung in geschlossenen Gefäßen sind Verluste zwar auch nicht zu vermeiden, sie sind aber hier anderer Art. Alle Wärme, welche zur Erhaltung des Verkohlungsprozesses notwendig ist, wird dem Holze von außen zugeführt. Der Wärmebedarf ist in diesem Falle sogar noch ein erheblich größerer, weil die Gefäßwände und das Mauerwerk mitgeheizt werden müssen und die Feuergase mit hoher Temperatur aus dem Feuerraum abziehen. Man hat nur den Vorteil, daß zur Feuerung auch geringwertige Materialien (Torf, Braunkohle, Holzabfälle und die Gase von der Verkohlung) angewendet werden können, und daß mehr Destillationsprodukte aus dem Holze resultieren. Als Nachteil ist dagegen hervorzuheben, daß für diese Art der Verkohlung eine komplette Fabrikanlage notwendig ist, während die Meilerköhlerei mit den primitivsten Mitteln im Walde selbst oder an irgend einem anderen Orte, wo das Holz leicht zuzubringen ist, betrieben werden kann.

a) Holzverkohlung.

I. Die Meilerköhlerei.

§ 28. Begriff. Unter einem Meiler versteht man einen zu dem Zwecke der Verkohlung nach gewissen Regeln aufgebauten Holzstoß, welcher mit einer dichten, feuerbeständigen Decke umgeben ist. Man unterscheidet stehende und liegende Meiler. Erstere besitzen die Form eines Paraboloides, in welchem die Hauptmenge des Holzes stehend (respektive schwach geneigt) eingeschichtet ist. Letztere haben im allgemeinen die Form eines liegenden Keiles, dessen Enden senkrecht abgeschnitten oder abgerundet sind. Das Holz wird liegend, quer über die Längsrichtung der Kohlplatte eingelegt. In den stehenden Meilern wird vorwiegend Spaltholz (deutsche Methode), in den Alpenländern aber auch Rundholz (italienische Methode oder Alpenköhlerei) verkohlt, während in den liegenden Meilern fast ausschließlich Rundholz in Anwendung kommt.

Abgesehen von der Form des Meilers unterscheidet man auch noch Wander- oder Waldköhlerei und konzentrierte, ständige oder Hüttenköhlerei. Die erstere wird in möglichster Nähe der Holzschläge betrieben, wechselt daher fast alljährlich ihren Standort, während für die konzentrierte Köhlerei ständige Plätze gewählt werden, hauptsächlich dort, wo durch die Trift das Holz zugebracht oder wo die Kohle verbraucht wird, also bei Eisenhütten.

§ 29. Vorbemerkungen. A. Verkohlung in stehenden Meilern. Zur Verkohlung kann jede Holzart und auch jedes Holzsortiment verwendet werden. Zumeist kohlt man Nadelholz oder Laubholz von geringerem Werte (vorzugsweise Rotbuche). In manchen Distrikten (z. B. in Ober-Ungarn, im Banat und Küstenland) wird übrigens fast ausschließlich Laubholz (Rotbuche, Eiche, Linde, Aspe etc.) gekohlt. Als Regel gilt es, den Meiler nur aus einer Holzart und einem Sortimente aufzurichten, was sowohl hinsichtlich der Kohlungsdauer, als auch des verschiedenen Gebrauchswertes der Kohlen erwünscht ist. Ist man gezwungen, Holz von verschiedener Abstammung und Stärke zu verkohlen, so muß das schwerer kohlende Holz in schwächeren Scheiten mehr gegen die Mitte des Meilers gestellt werden, wo schon beim Beginn der Kohlung eine höhere Temperatur herrscht.

Das Kohlholz soll lufttrocken sein. Bei feuchtem Holze ist der Kohlgang langsamer, unregelmäßiger und die Kohlenausbeute geringer.

Das Wasser, welches im Holze enthalten ist, wird bei der Verkohlung in Dampf verwandelt, und die hierzu notwendige Wärmemenge (für je 1 kg Wasser rund 630 Calorien = 0,15 kg Holztrockensubstanz) muß durch Verbrennen des Holzes oder der Kohle geliefert werden. Ueberdies ergibt sich auch noch ein Verlust durch die Einwirkung des Wasserdampfes auf die glühende Kohle, wobei Wasserstoff und Kohlenoxyd als Endprodukte entstehen:

$$C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$$
$$C + CO_2 = 2CO.$$

Diese Prozesse sind bei keiner Holzverkohlung, mag dieselbe auf was immer für eine Art geschehen, zu vermeiden. Die Kohlenausbeute wird aber um so geringer, je mehr Wasserdampf sich entwickelt, beziehungsweise je feuchter das Holz ist.

Von Wichtigkeit ist ferner die Form und Stärke des Kohlholzes. Bei der deutschen Verkohlungsmethode wird vorwiegend Scheitholz verwendet. Stämme über 15 cm Durchmesser werden einmal, stärkere Stämme mehrmals gespalten. Die Scheitlänge beträgt gewöhnlich 1 m. Die Aeste und Zacken müssen scharf abgehauen werden, weil sonst ein dichtes Richten nicht möglich ist und zu viel Kleinholz, welches nur geringwertige Kohle gibt, zum Ausfüllen der Klüfte notwendig wird.

Knüppel- und Prügelholz bleibt ungespalten. Maximallänge $^3/_4$—1 m. Längere Stücke sind nicht dicht zu stellen, weil sie nur selten eine regelmäßige Gestalt besitzen.

Aeste bis zu einem Minimaldurchmesser von 3 cm können noch zur Kohlung verwendet werden. Die Zurichtung besteht nur in dem Abhauen der kleinen Zweige und Zuschneiden der Aeste auf gleiche Länge.

Stock- und Wurzelholz erfordert wegen der außerordentlich unregelmäßigen Gestalt eine umständliche, kostspielige Zurichtung, welche häufig nicht rentiert. Alle vorstehenden Zacken müssen abgesägt und der Stock je nach seiner Stärke in 3, 4 und noch mehr Teile gespalten werden.

Bei der Alpenköhlerei wird in der Regel nur Rundholz benützt, meist Fichte, seltener Tanne und Lärche. Nur die stärksten Stämme (über 45 cm Durchmesser) werden einmal gespalten. Die Länge des Kohlholzes beträgt bis zu 2 m, selten darüber. Das Entrinden der Stämme ist zweckmäßig (schon der besseren Austrocknung wegen), geschieht aber nicht immer. Unter allen Umständen gilt es als Regel, nur gesundes Holz zu verwenden. Stockiges oder faules Holz gibt immer eine schlechte, brüchige, und wenn die Zersetzung schon weiter vorgeschritten ist, eine ganz mürbe, unbrauchbare Kohle.

Die Form des stehenden Meilers entspricht einem Paraboloid, dessen Rauminhalt x durch die Formel:

$$x = \frac{p^2 h}{8\pi}$$

gefunden wird, worin p die Peripherie des Meilers und h dessen Höhe bedeutet. Da die Gestalt des Meilers von der mathematischen Form des Paraboloides etwas abweicht, so sind von dem berechneten Inhalte 4—6 % in Abzug zu bringen.

Die zweckmäßigste Größe der Meiler hängt von verschiedenen Umständen ab. Nach Denz ergeben deutsche Meiler die besten Ausbeuten, wenn ihr Einsatz: bei der ständigen Köhlerei 200—280 Rm. bei der Wanderköhlerei 140—200 Rm. Spaltholz beträgt. Bei der Verarbeitung von minderem Holzsortiment (Knüppel-, Ast-, Wurzelholz) nimmt man den Fassungsraum geringer: 60—80—120 Rm. Nadel- und weiches Laubholz setzt man in größere Meiler, harte Laubhölzer in kleinere, innerhalb der angegebenen Maße. Bei der Alpenköhlerei wird der Meiler der Form und Stärke des Kohlholzes wegen viel größer angelegt, bis zu 300 Rm. und darüber. Die früher gebräuchlichen, abnorm großen Meiler von 1000 Rm. und darüber hat man jetzt allerorts aufgegeben. Große Meiler beanspruchen im Verhältnis zu ihrem Inhalte eine geringere Bodenfläche und weniger Deckmaterial. Sie haben ferner den Vorteil, daß die Wärme besser ausgenützt wird, die Kosten für die Arbeit und Ueberwachung

pro Gewichts- oder Volumeinheit der erzeugten Kohle geringer sind und ein kleinerer Prozentanteil minderwertiger Quandelkohlen gezogen wird. Aber auch die kleinen Meiler haben gewisse unverkennbare Vorzüge und sind namentlich für die Wanderköhlerei sehr geeignet, weil auf unebenem oder sonst ungünstigem Terrain im Walde ein kleiner Kohlplatz leichter zu finden und mit geringeren Kosten herzurichten ist als ein großer. Die Arbeit des Meileraufbaues ist eine leichtere, der Feuerungsgang läßt sich sicherer regieren und Unregelmäßigkeiten, welche durch ungünstiges Wetter veranlaßt werden, können leichter vermieden oder eventuell verbessert werden.

§ 30. Die Arbeit an einem stehenden Meiler umfaßt im allgemeinen folgende Operationen:

1. Die Herrichtung der Kohlstätte.
2. Der Aufbau des Meilers (das sog. Setzen oder Richten).
3. Das Berüsten und Decken des holzfertigen Meilers.
4. Das Anzünden.
5. Das Regieren des Feuers.
6. Das Nachfüllen.
7. Das Verwahren und Auskühlen des Meilers.
8. Das Ausziehen und Sortieren der fertigen Kohlen.

1. Herrichtung der Kohlstätte. Bei der Anlage einer neuen Kohlstätte ist darauf Bedacht zu nehmen, daß die Zubringung des Holzes und die Abfuhr der Kohlen keine großen Schwierigkeiten und Kosten verursacht, daß Wasser in der Nähe sich befindet und der Kohlplatz gegen Windfall möglichst geschützt ist. Der Boden muß trocken sein. Ist man gezwungen, den Meiler auf sumpfigem Terrain zu errichten, so muß die betreffende Stelle durch Ziehen von Gräben zunächst trocken gelegt werden. Setzt man den Meiler direkt auf die Kohlplatte, so darf der Boden weder zu porös, noch zu dicht sein. Auf sehr lockerem Boden ist der Luftzug im Meiler ein zu lebhafter und infolgedessen der Kohlgang ein zu rascher. Auf dichtem Boden werden die flüssigen Destillationsprodukte nicht aufgesaugt und der Verlauf der Kohlung ist wegen ungenügendem Luftzutritt zu langsam. Kohlplatten der ersteren Art werden „hitzig", jene der letzteren Art „kalt" genannt. Am besten eignet sich ein lehmiger Sandboden. Bei Verwendung einer Meilerbrücke wählt man einen möglichst undurchlässigen Grund, am besten in einem trockenen Lehm- oder Tonboden. Die wesentlichste Bedingung ist die Gleichartigkeit der Kohlplatte. Es dürfen keine Risse oder Klüfte, ebensowenig aber auch ganz dichte Stellen (große Steine etc.) vorhanden sein. Der Boden wird zunächst von allem Gestrüpp, Steinen etc. befreit, geebnet und wie ein Gartenbeet bearbeitet; sodann zieht man mit einer Schnur einen Kreis, welcher der Peripherie des Meilers entspricht. Gegen das Zentrum hin wird ein Anlauf von 20—30 cm Höhe gemacht. Je dichter der Boden ist, desto steiler muß der Anlauf sein. Letzterer hat den Zweck, den Luftzug im Meiler zu vermehren und die Kondensationsprodukte nach außen abzuleiten. Schließlich wird die Kohlplatte festgetreten und bleibt längere Zeit (womöglich über Winter) unbenutzt. Bevor man die Platte in Gebrauch nimmt, müssen etwa vorhandene Schäden ausgebessert und der Boden durch Abbrennen von Reisig oberflächlich getrocknet und vorgewärmt werden. Auf einer neuen Platte fällt die Kohlenausbeute bei den ersten Kohlgängen immer um 2—5% geringer aus. Rings um den Kohlplatz muß ein genügend freier Raum (Fegplatz) für die Abladung des Holzes, Unterbringung der Kohlen, Bereithalten des Deckmaterials und Aufstellung der Köhlerhütte vorhanden sein. Man trachtet immer, selbst bei der Waldköhlerei, wenn möglich zwei oder mehrere Meiler unweit von einander anzulegen, um an Aufsichtspersonal zu

sparen und die Kosten für die Herstellung und Erhaltung der Wege zu vermindern. Bei der Hütten- und Lendköhlerei versteht es sich von selbst, daß alle Meiler tunlichst nahe aneinander gelegt werden.

2. Der Aufbau oder das Richten des Meilers. Der Aufbau beginnt immer mit der Herstellung des Quandelschachtes. Unter Quandel versteht man den zentralen Raum des Meilers. Der Quandel dient als Feuerschacht und wird aus 3 oder 4 armdicken Pfählen gebildet, welche in einem gegenseitigen Abstand von je 30—40 cm im Boden befestigt werden. Ihre Höhe entspricht jener des aufzubauenden Meilers. Die Pfähle werden mit Wieden umflochten und bilden so einen Schacht zur Aufnahme von leicht entzündlichem Brennstoff (Kienholzspäne, trockene Birkenrinde, dürres Reisig, Brände etc.). Ist der Quandelschacht gefüllt, so wird am Fuße desselben ein sogenannter Zündmaterialkegel (bestehend aus dünngespaltenem, trockenem Holze, Bränden, Reisig und dgl.) angelegt und sodann mit dem Ansetzen des Holzes begonnen. Dabei ist als Regel zu beachten, daß unmittelbar an den Zündmaterialkegel schwächeres, dann aber gleich anschließend das stärkste und gegen die Peripherie hin immer schwächeres Holz zu stehen kommt. Die Scheite müssen mit dem stärkeren Ende am Boden stehen. Dadurch ergibt sich von selbst eine gewisse Neigung des Holzes gegen den Quandel. Im fertigen Meiler beträgt die Böschung etwa 60°. Diese Neigung ist notwendig, damit die Decke nicht abrutscht. Ist der Bodenstoß bis auf halbem Diameter fertig, so beginnt man mit dem Ansetzen des zweiten Stoßes und fährt dann oben und unten gleichmäßig bis zur Peripherie fort. Schließlich wird die Haube aufgebracht, d. h. das Holz in schwächeren Scheiten quer gelegt, um die runde Abdachung des Meilers herauszubringen. Das Holz muß zur Vermeidung eines zu starken Zuges im Meiler möglichst dicht gestellt werden und ist daher noch öfter ein nachträgliches Zurichten der Scheite (Absägen oder Abhacken der Vorsprünge und Zacken) erforderlich. Alle Klüfte zwischen den Scheiten müssen mit Spaltholz ausgefüllt werden, namentlich ist dies an der Oberfläche, das sog. Ausschmälen des Meilers, notwendig, um neben dem schon erwähnten Grunde auch noch das Durchrieseln der Decke zu verhindern. Muß Holz von verschiedenem Feuchtigkeitsgrad gekohlt werden, so setzt man das trockene in den Bodenstoß, das feuchtere aber in die Oberstöße. Verschiedene Holzarten setzt man so ein, daß das Nadelholz nahe an den Quandel, das harte Laubholz gegen die Peripherie des Meilers zu stehen kommt.

3. Das Decken und Berüsten des holzfertigen Meilers. Die Decke besteht bei der deutschen Verkohlungsmethode aus zwei Schichten: zu unterst, als unmittelbare Bedeckung des Holzes, das sog. Rauhdach oder Gründach und darüber das Erddach. Das Rauhdach besteht aus Rasen, Laub, Moos, jungem Nadelholzreisig, Farnkraut, Schilf oder dgl. Es hat den Zweck, der ganzen Decke eine gewisse Elastizität zu verleihen, um dem bei der Kohlung allmählich einsinkenden Meiler nachzugeben, ferner um das Durchrieseln der Erddecke zu verhindern. Das Erddach bildet die äußere, feuerfeste und bis zu einem gewissen Grade auch dichtschließende Umhüllung des Meilers. Dasselbe wird aus einem durchfeuchteten Gemenge von humoser Walderde und Kohlenklein (Stübbe oder Lösche genannt) hergestellt. Die Mächtigkeit der Erddecke richtet sich nach der Beschaffenheit des Rauhdaches, nach der Stärke des Kohlholzes, nach der Witterung etc. und schwankt von 5—25 cm. Rasen bedarf die schwächste, Reisig die stärkste Erddecke.

Die Unterstützungen zum Halten der Decke werden „Rüsten" genannt. Man unterscheidet Unter- und Oberrüsten. Die Unterrüsten (Fußrüsten) werden in der Weise hergestellt, daß man rings um den Meiler in gewissen Abständen kleine, etwa

15 cm hohe Klötze anbringt und Scheite quer überlegt, welche der Decke als Unterstützung dienen. Bei der Verkohlung verbrennen die Scheite teilweise und sind gewöhnlich nur einmal zu gebrauchen. Zuweilen werden auch Steinunterlagen oder eiserne Rüsten, letztere in der Form eines Kreissegmentes, welche an einer Seite einen Fuß besitzen, verwendet. Sie sind sehr dauerhaft und geben dem Meilerumfang eine regelmäßige Form, indem sie sich dichter an das Holz bringen lassen, als die geraden Scheite. Unterrüsten sind bei einem jeden Meiler notwendig, nur bei der Reisigdecke können sie entbehrt werden, weil sich diese niemals so dicht an das Holz legt, daß der Luftzug dadurch gehemmt würde.

Oberrüsten werden nur bei steil gebauten Meilern angebracht oder wenn bei sehr trockenem Wetter die Decke nicht halten will.

Alle Meiler, welche nicht im Walde geschützt stehen, brauchen eine Schutzwand gegen den Windanfall, den sog. Windschauer. Derselbe wird aus einigen im Boden befestigten Pflöcken, die mit Schwarten oder Reisig bedeckt sind, hergestellt, ist etwas höher als der Meiler und soll, der Feuersgefahr wegen, mindestens 2 m vom Meilerumfang abstehen.

4. Das Anzünden. Der Meiler kann von oben oder von unten in Brand gesetzt werden. Beim Obenanzünden wird an der oberen freien Mündung des Quandelschachtes ein kleines Feuer angemacht, welches sich allmählich nach abwärts zieht, indem die Quandelfüllung ausbrennt. Beim Anzünden von unten muß schon beim Aufbau des Meilers am Fuße desselben eine Zündgasse, welche von der Peripherie bis in den Quandelschacht reicht, frei gelassen werden. Diese Zündgasse soll hinter Wind liegen. Das Anzünden geschieht durch Einführung einer mit brennenden Kienholzspänen versehenen Zündrute. Damit das Feuer nicht erlischt, müssen sowohl beim Oben- als auch beim Untenanzünden Zugöffnungen zwischen den Fußrüsten vorhanden sein. Das Anzünden erfolgt immer vor Tagesanbruch bei windstiller Luft.

5. Das Regieren des Feuers. Bei jeder Art des Anzündens brennt zuerst die Quandelfüllung aus, sodann wird der Zündmaterialkegel ergriffen, wobei sich das Feuer um den Quandelschacht herum nach aufwärts zieht und unter der Haube ausbreitet. Bei normalem Gange schreitet die Glutzone in der Form eines mit der Spitze nach abwärts gerichteten Kegels fort. Die Mantelfläche desselben breitet sich immer mehr aus und geht endlich in eine Horizontalebene über, so daß die Glut an dem untersten Rande des Meilers anlangt. Damit ist die Kohlung beendet.

Um das gleichmäßige Niedergehen der Glutzone zu ermöglichen, müssen Zugöffnungen (Rauchlöcher, Register oder Räume genannt) in der Decke angebracht werden. Die Rauchlöcher werden mit dem Stiel der Schaufel durch beide Decken hindurch bis auf das Holz gestoßen. In den ersten 24 Stunden nach dem Anzünden wird in der Regel blind gekohlt, d. h. ohne Rauchlöcher, und der Meiler auf diese Weise vorgewärmt. Erst nach Ablauf dieser Zeit werden die ersten Rauchhölzer rings um den sogenannten Saum oder Wechsel (d. i. jene Stelle, wo der zweite Holzstoß aufhört und die Haube beginnt) gestochen. Der aus diesen Oeffnungen austretende Rauch ändert seine Beschaffenheit allmählich und daran läßt sich der Gang der Verkohlung beurteilen. Anfänglich tritt fast nur Wasserdampf aus. In dem Maße, als die Verkohlungszone näher rückt, kommen Produkte der trockenen Destillation zum Vorschein; der Rauch wird gelblich-braun, besitzt einen empyreumatischen, sauren, stechenden Geruch. Im weiteren Verlaufe wird der Rauch heller, der stechende Geruch läßt nach und schließlich schlägt eine blaue Flamme (Kohlenoxyd) aus der Oeffnung heraus, als Beweis, daß die Glutzone bei den Rauchlöchern angelangt ist. In diesem Stadium ist die Verkohlung so weit vorgeschritten, daß

die Kohle zwar schon gebildet, aber noch nicht zur fertigen Schwarzkohle geworden ist. Erst wenn der Rauch sich wieder lichter verfärbt, ist dies ein Zeichen für die Bildung der Schwarzkohle und auch dafür, daß nun die ganze Reihe der Rauchlöcher mit Lösche geschlossen und mit der Plättschaufel zugeschlagen werden muß. Gleichzeitig wird weiter unten eine neue Reihe gestochen. In dieser Weise wird fortgefahren, bis man an dem Fuße des Meilers angelangt ist. Sollte die Glut nicht ringsum im ganzen Meiler gleichmäßig niedergehen, so muß an jener Seite, wo sie rascher vorschreitet, blind oder an der entgegengesetzten Seite mit stärkerem Zug (durch Vermehren der Fußräume und Rauchlöcher) gekohlt werden. Bei Meilern, welche an einem Bergabhange stehen, ist der Zug an der Talseite immer größer als an der Bergseite, folglich auch das Niedergehen der Glutzone ein unregelmäßiges, welches in der angedeuteten Weise ausgeglichen werden muß. Eine andere Unregelmäßigkeit, welche namentlich bei zu raschem Kohlgange auftritt, ist das „Schütten, Werfen oder Schlagen" des Meilers: darunter versteht man das explosionsartige Abwerfen einzelner Partien der Decke. Sobald die Temperatur im Meiler etwas höher steigt, entwickelt sich Wasserdampf aus dem Holze, welcher anfänglich an der kalten Erddecke kondensiert wird. Der Meiler fängt an zu dunsten und zu schwitzen. Zugleich oder etwas später entweicht auch ein dicker, qualmender Rauch, welcher die Erddecke durchdringt. In dieser Periode liegt die Gefahr des Schüttens sehr nahe. Schließt die Decke zu dicht oder ist das Feuer im Meiler zu lebhaft, so werden mehr Dämpfe entwickelt, als durch die Decke entweichen können; die Folge davon ist, daß die Dämpfe sich gewaltsam Austritt verschaffen und einen Teil der Decke abwerfen. Außer Wasserdampf können auch noch brennbare Gase, vor allem Kohlenoxyd und Kohlenwasserstoffe, in Berührung mit der atmosphärischen Luft knallgasartige Gemenge geben, welche Explosionen im Meiler veranlassen. Die Bildung dieser Gase in größerer Menge kann durch die Annahme, daß die Verkohlung ein exothermischer Prozeß ist, unschwer erklärt werden. Beim Beginn der Kohlung ist es vorzugsweise der Wasserdampf und in den späteren Stadien sind es die brennbaren Gase, welche das Schütten des Meilers bewirken. Ganz ruhig verläuft die Kohlung niemals, kleine Detonationen sind unvermeidlich, sie dürfen aber niemals so stark werden, daß ein teilweises Abwerfen der Decke und Auseinanderwerfen des Holzes damit verbunden ist. Die durch das Schütten entstandenen Oeffnungen müssen sofort wieder verschlossen und der Zug im Meiler muß auf das tunlichste Minimum reduziert werden.

6. Das Nachfüllen. Bei der Kohlung entstehen immer Höhlungen im Meiler, welche mit kurzem Spaltholze, Bränden oder Grösekohlen ausgefüllt werden müssen. Der erste Hohlraum ergibt sich durch das Ausbrennen des Quandelschachtes; weitere Hohlräume entstehen dann noch durch das ungleichmäßige Niedergehen der Kohle. Das Volumen des Scheitholzes schwindet bei der Verkohlung um 30—40 %, bei frischem, wasserreichen Holze auch noch mehr. Durch diese bedeutende Volumverminderung findet nicht nur ein starkes Niedergehen der Decke, sondern auch ein Verstürzen der Kohle statt, wodurch notwendigerweise Höhlungen im Meiler entstehen müssen. Diese Höhlungen fallen um so größer aus: 1. je feuchter das Holz war, 2. je weniger dicht dasselbe gestellt wurde, 3. je rascher die Kohlung verläuft und 4. je ungleichmäßiger das Feuer niedergeht. Die Ausfüllung des leergebrannten Quandelschachtes nennt man das Hauptfüllen, die Ausfüllung aller übrigen Höhlungen das Seitenfüllen. Das Hauptfüllen geschieht schon 12—16 Stunden nach dem Anzünden des Meilers und muß am 2., 3. und 4. Tage wiederholt werden, weil sich durch die Verkohlung des Füllmateriales immer wieder

neue Hohlräume bilden. Die Seitenfüllungen werden nach Bedarf gemacht. Größere Hohlräume geben sich schon an dem örtlich starken Einsinken der Decke zu erkennen. Kleinere Höhlungen werden durch das Abklopfen des Meilers mit dem sogenannten Wahrhammer (d. i. ein hölzerner Schlegel) ausfindig gemacht. Mindestens eine Stunde vor dem Füllen müssen alle Zugöffnungen verschlossen werden. An der hohl erkannten Stelle nimmt der Köhler die Decke ab, stößt mit einer Stange die losen Kohlen hinunter, bringt das schon früher vorbereitete Füllmaterial ein, legt die Rauh- und Erddecke wieder auf und klopft dieselbe mit dem Hammer fest. Die ganze Manipulation muß möglichst schnell geschehen, damit die Glut im Meiler nicht zu stark angefacht wird. Durch etwa 12 Stunden nach dem Füllen wird blind gekohlt. Trotz dieser Vorsichtsmaßregeln verbrennt aber immer ein Teil der Kohle und muß daher schon von vornherein darauf Bedacht genommen werden, alle Umstände zu vermeiden, welche ein oftmaliges Füllen notwendig machen.

7. Das Verwahren und Auskühlen des Meilers. Um Unregelmäßigkeiten im Kohlgang vorzubeugen, muß der Köhler jeden Abend die Decke, soweit die Verkohlungszone reicht, mit dem Wahrhammer niederklopfen, etwa vorhandene Risse, sowie die stark eingesunkenen Stellen mit feuchter Stübbe ausgleichen (beschießen) und die nötigen Füllungen machen. Diese Arbeiten nennt man das Verwahren. Ist die Verkohlung bis zur Gare vorgeschritten, so erfolgt das Abkühlen. Zu diesem Behufe werden die Fußräume verschlossen und damit der Zug im Meiler abgesperrt; die Decke wird streifenweise abgenommen, durchgehackt und sofort wieder aufgebracht. Dabei rieselt die Erde zwischen die Kohlen ein und dämpft die Glut rasch ab. In diesem Zustande bleibt nun der ,,fertig geputzte'' Meiler — ein sog. Kohlstück — 24 bis 48 Stunden der Abkühlung überlassen.

8. Das Ausziehen und Sortieren der Kohlen. Das Ausziehen (auch Langen oder Stören genannt) wird mit einem eisernen, gekrümmten Hacken am Fuße des Meilers vorgenommen. Diese Arbeit wird abends begonnen und die Nacht hindurch fortgesetzt, um die Glut besser überwachen zu können. Die Ziehöffnung muß gegen Windanfall geschützt sein. Man zieht nur 2—3 m³ an einer Stelle aus, dann wird die Oeffnung verschlossen und an einer anderen Stelle mit dem Ausziehen begonnen. In dieser Weise fährt man rings um den Meiler fort, bis alle Kohlen ausgezogen sind. Der verbleibende, aus dem Zentrum des Meilers stammende Rest besteht aus Kohlenklein und Asche und wird behufs Erkaltung ausgebreitet. Die ausgezogenen Kohlen werden nach der Holzart (falls überhaupt gemischtes Holz in Anwendung kam) und nach ihrer Größe sortiert.

Man unterscheidet folgende Sortimente:

1. Grob- Lese- oder Hüttenkohlen, d. s. die größten Stücke, welche vorzugsweise für hüttenmännische Zwecke dienen.
2. Schmiedekohlen, von Faustgröße und darüber.
3. Zieh- oder Rechkohlen, von Nuß- bis Faustgröße.
4. Quandelkohlen, die kleinsten leichten Kohlen aus der Nähe des Quandelschachtes.

Die beiden ersten Sortimente werden durch Handscheidung gewonnen, die beiden letzteren durch Gitter aussortiert.

5. Brände, d. s. halbverkohlte Stücke, welche als Füllmaterial Verwendung finden. In der Regel wird nur ein Sortiment, bestehend aus 1, 2 und 3, abgegeben. 4 und 5, werden am Kohlplatz weiter verwendet.

Von diesem Verfahren, welches gewöhnlich als die deutsche Verkohlungsmethode bezeichnet wird, gibt es verschiedene Varianten; eine davon ist die Alpenköhlerei oder italienische Verkohlung. Dieselbe unterscheidet sich von der deutschen Kohlung durch folgendes:

1. Wird in der Regel Rundholz, aber auch Spaltholz bis zu 2 m Länge und ½ m Stärke angewendet.

2. Die Kohlplatte wird so dicht als möglich gemacht und das Kohlholz auf eine spinnennetzartige Meilerbrücke gestellt, um den nötigen Luftzug im Meiler zu veranlassen. Die Meilerbrücke wird aus einmal gespaltenen Kohlholzklötzen hergestellt, welche teils radial und teils querüber konzentrisch gelegt werden.

3. Muß der Meiler, der größeren Länge des Kohlholzes wegen, steiler gebaut werden. Der Einfallswinkel beträgt 60—80°. (Bei der deutschen Kohlung hingegen nur 50—60°).

4. Der Fassungsraum des Meilers ist bedeutend größer, bis zu 300 m³.

5. Wird gewöhnlich nur eine Decke, und zwar aus Kohlenlösche gegeben, welche aber viel stärker ist als bei der deutschen Kohlung (unten 60 und oben 30 cm dick). Zum Festhalten der Decke sind bei dem steilen Bau des Meilers komplizierte Rüstungen erforderlich.

6. Das Anzünden geschieht von oben und der Feuerungsgang ist ein rascherer.

Diese Verkohlungsmethode ist eine primitive, stammt aus alter Zeit, hat sich aber bis auf den heutigen Tag erhalten und ist seit dem Rückgange der konzentrierten Köhlerei sogar in Aufschwung begriffen Für die Wanderköhlerei ist sie wenig geeignet, weil zum Anmachen der dicken Löschdecke viel Wasser erforderlich ist, was nicht überall zur Verfügung steht. Dagegen wird diese Methode in den österreichischen Alpenländern an ständigen Plätzen häufig betrieben. Das Rundholz soll entrindet sein und einen genügenden Trockenheitsgrad besitzen. Starke Drehlinge, so wie früher, kommen heute kaum mehr in Verwendung, da für diese zumeist eine bessere Verwendung als Nutzholz zu finden ist. Zumeist kohlt man nur mindere Sortimente. Das Ausbringen ist geringer als bei der deutschen Methode, weil des rascheren Feuerungsganges halber mehr Kohle verbrennt. Die Kohle selbst ist aber besser durchgeglüht, kohlenstoffreicher und sauerstoffärmer, weil die Hitze im Meiler eine intensivere ist.

Alle anderen Varianten, welche sich auf die verschiedene Art des Richtens (stehende und liegende Stöße abwechselnd), Herstellung des Quandels (Stange anstatt Schacht), Einlagerung von Grösekohlen (slavischer Meiler) oder Ausfüllung aller Zwischenräume durch Kohlenklein (amerikanischer Meiler) usw. beziehen, sind von untergeordnetem Interesse.

Dauer des Kohlganges. Die Kohlungszeit ist von verschiedenen Umständen: Holzart, Größe und Stärke des Kohlholzes, Feuchtigkeitsgehalt desselben, Größe des Meilers, Leitung des Feuers und von der Witterung abhängig. Ein mäßig beschleunigter Kohlgang gibt die beste Ausbeute, sowohl in bezug auf Qualität, als auch auf Quantität der Kohle. Bei einem stehenden Meiler aus Buchenscheitholz dauert der Feuerungsgang bei 20—40 Rm. Inhalt 4—5 Tage, bei 60—80 Rm. 7—8 Tage, bei 100—150 Rm. 10—14 Tage. Bei Nadelholz muß der Kohlgang langsamer sein und dauert bei einem Meiler von 20—40 Rm. Inhalt 6—8 Tage, bei 100 bis 150 Rm. 15—20 Tage. Ungünstige Witterung verzögert den Kohlgang sehr bedeutend.

§ 31. B. Die Verkohlung in liegenden Meilern. Diese Methode ist vorzugsweise in Niederösterreich, Steiermark und im Salzkammergute, ferner auch in Schweden gebräuchlich.

Zur Kohlung dient nur Nadelholz, vorwiegend Schwarzföhre. Das Holz wird in ganzen, möglichst geraden Stämmen von jeder Stärke und gewöhnlich 3—5 m Länge angewendet. Die Größe der Meiler beträgt 50—300 m³.

Die Herrichtung der Kohlstätte geschieht in derselben Weise, wie bei stehenden Meilern; mit Vorliebe wählt man ein schwach geneigtes Terrain. Ueber die ganze Länge der Kohlplatte werden gerade Stangen in drei Reihen gelegt, welche dem quer überzulegenden Kohlholz als Auflager dienen. Beim Aufbau des Meilers ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die starken Stämme auf halber Höhe und mehr gegen die Rückwand zu liegen kommen, wo sie am längsten der Glut ausgesetzt sind. Oben, unten und an der Vorderwand kommt schwächeres Holz. Alle Zwischenräume müssen

mit geringerem Holze möglichst dicht ausgefüllt werden. In der Mitte der Vorderwand wird eine Zündkammer und von dieser nach beiden Seiten hin, bis an die Längswände, eine Zündgasse angelegt, um das Feuer über die ganze Meilerbreite leiten zu können. Der holzfertige Meiler erhält zwei Decken. Als erste dient Reisig, als zweite Lösche gemengt mit feuchter Erde. Um die Decke an den senkrechten Seitenwänden zu halten, werden dieselben mit Brettern oder Schwarten verschalt. In der Regel geschieht dies auch an der Vorderwand, seltener an der Rückwand. Meist wird letztere in einem Winkel von etwa 20° abfallend gebaut, in gleicher Weise wie das Dach eingedeckt und durch Rüsten gestützt. Um den erforderlichen Zug im Meiler herzustellen, werden an den beiden Seitenwänden Fußräume angebracht.

Die Zündkammer und die Zündgasse werden mit Kienholzspänen gefüllt und in Brand gesteckt. Damit das Feuer gleichmäßig über die ganze Breite des Meilers platzgreift, ist ein öfteres Nachfüllen von Kienholz oder dgl. leicht entzündlichem Material notwendig. Ist ein Ausgehen des Feuers nicht mehr zu befürchten, so werden die Fußräume geschlossen und am Dache, ungefähr auf ein Drittel der Meilerlänge, die ersten Rauchlöcher gestoßen. Die Glut zieht sich in schräger Richtung von der Vorderwand nach rückwärts, und zwar so, daß die Glutzone am Dache immer um 2—2½ m weiter vor ist, als am Fuße des Meilers. Sobald sich das Feuer den Rauchlöchern nähert, werden dieselben verschlossen (desgleichen auch die Mündung der Zündkammer) und ½—1 m weiter rückwärts neue Räume gestochen. In dieser Weise wird fortgefahren, bis die Flamme am Fuße der Rückwand herausschlägt, als Beweis, daß der ganze Meilerinhalt verkohlt ist. Der Kohlgang muß möglichst langsam geführt werden, damit einerseits die starken Stämme vollkommen durchkohlen und andererseits nicht zu viel Kohle verbrennt. Die Stübbe am Dach muß anfänglich locker gehalten werden, damit der Wasserdampf entweichen kann. Erst wenn die Kohlung weiter vorgeschritten und die Gefahr des Schüttens vorüber ist, wird die Decke verstärkt.

Das Abkühlen geschieht in derselben Art wie bei den stehenden Meilern, durch stellenweises Abnehmen der Decke am Dache, Einrieseln von trockener Erde und neuerliches Bedecken. Die Seitenwände dürfen dabei nicht angebrochen werden. Die fertigen Kohlen werden nur an der Vorderwand ausgezogen. Das Ausziehen erfolgt partienweise und wird immer nur so viel ausgenommen, als an einem Tage abgeführt werden kann. Die Kohlen werden so wie bei den stehenden Meilern sortiert. Am Fuße finden sich die leichtesten, an der Hinterwand die schwersten Kohlen. Häufig wird mit dem Ausziehen schon begonnen, wenn der rückwärtige Teil des Meilers noch im Feuer steht. Die Kohlenausbeute ist geringer als bei den stehenden Meilern.

§ 32. C. Beurteilung der Meilerköhlerei. Im allgemeinen ist dieselbe stark im Abnehmen begriffen, was seinen Grund darin hat, daß im Eisenhüttenbetriebe die Holzkohle durch den Koks und die Steinkohle heute schon zum größten Teile verdrängt ist. An Stelle der vielen kleinen Holzkohlenhochöfen sind gegenwärtig riesige Kokshochöfen getreten.

Während früher nur mit Holzkohle vorzügliches Gußeisen und Stahl erzeugt werden konnte, gelingt es seit Einführung des Bessemerprozesses, des Martin- und Thomasverfahrens, auch mit Koks und auch selbst aus minderen Erzen guten Gußstahl herzustellen und zwar so billig, daß derselbe das Holzkohleneisen in vielen Fällen verdrängen kann. Nach den Angaben des k. und k. Oberforstrates Th. Micklitz [1])

1) Geschichte der österr. Land- und Forstwirtschaft und ihrer Industrien. Wien 1899.

ist der Holzkohlenverbrauch in Oesterreich gegenwärtig schätzungsweise um mindestens 12 Mill. Kilogramm per Jahr geringer als vor 3 oder 4 Dezennien.

Obersteiermark allein, wo die Holzkohlenhochöfen in großer Zahl vertreten waren, verbrauchte früher jährlich 5—6, heute hingegen nur mehr 2—4 Mill. Kilogramm Holzkohle.

Auch die Oertlichkeit der Kohlungsanlagen hat insofern eine Aenderung erfahren, als die ständige oder konzentrierte Köhlerei immer mehr in Abnahme kommt und dafür die Wanderköhlerei zunimmt. Früher trachtete man, Kohlstätten möglichst zu konzentrieren und an jene Punkte zu verlegen, wo das Holz auf einfache und billige Art hingeschafft werden konnte. Die Trift war die Hauptbringungsmethode und wo es nur immer anging, wurden auch die Hochöfen in nächster Nähe angelegt, um einerseits an Transportkosten zu sparen, andererseits aber auch den sogenannten Einrieb (das Abreiben und Zerbrechen der Kohlenstücke während des Transportes) zu vermeiden. Auch mehrere andere Vorteile waren damit verbunden, wie die fortwährende Benutzung der gleichen, gut vorgerichteten Kohlplatten, deren Eigentümlichkeiten der Köhler aus jahrelanger Erfahrung genau kennt, die ausgiebigere Kontrolle, bessere Instandhaltung der Wege, Unterbringung des Arbeiterpersonales und dgl. mehr.

Die Wanderköhlerei, welche dem Holzschlage nachgeht, wurde früher mehr vereinzelt, zumeist nur in bäuerlichen Waldungen betrieben. Durch das Auflassen der Zentralkohlungsanlagen hat sie aber an Verbreitung gewonnen.

Das qualitative und quantitative Ausbringen ist dabei allerdings ein geringeres und der Einrieb größer, dafür entfallen aber die Auslagen für die Instandhaltung der Holzriesen und Triftanstalten; auch die Transportkosten für die Kohle sind geringer als für das Holz, wodurch die Nachteile wieder ausgeglichen werden.

Stehende Meiler haben den liegenden gegenüber den Vorteil, daß nicht nur Stammholz, sondern auch geringere Holzsortimente Verwendung finden können, daß sich das Feuer besser regieren läßt, indem der Meiler ringsum zugänglich ist, daß ferner das quantitative Ausbringen ein höheres und die Qualität der Kohle eine bessere ist. Diese Methode ist namentlich für größere ständige Kohlungsanlagen (Hütten- oder Lendköhlerei) geeignet. Aber auch die liegenden Meiler haben gewisse nicht zu verkennende Vorzüge. In den engen Tälern des Hochgebirges läßt sich für einen liegenden Meiler viel leichter ein geeigneter Platz ausfindig machen, als für einen stehenden vom gleichen Rauminhalte. Das Richten des Meilers ist einfacher, erfordert weniger Sorgfalt und Kraftaufwand; die Führung des Feuers ist leichter; die Witterung hat viel weniger Einfluß, nachdem meist drei Seitenwände des Meilers ganz geschlossen sind und das Dach mit einer starken Decke versehen ist; die lästige und gefährliche Arbeit des Nachfüllens kommt gar nicht vor, weil der Meiler nur nach einer Richtung (von oben nach unten) schwinden kann; das Schütten kann leichter vermieden werden und der dadurch bedingte Schaden kann niemals solche Dimensionen annehmen, wie bei einem stehenden Meiler. Ueberhaupt erfordern die liegenden Meiler viel weniger Wartung; ein Köhler kann mehrere, auf nicht allzu großen Wegstrecken auseinander liegende Meiler gleichzeitig überwachen. Diese Methode eignet sich daher vorzugsweise für die Wanderköhlerei.

§ 33. D. Die Grubenköhlerei ist die primitivste Methode der Holzverkohlung und wird gegenwärtig nur mehr in vereinzelten Fällen betrieben. Sie kann nur dann als zulässig gelten, wenn es sich um die Verkohlung geringwertiger Holzsortimente und nebenbei um die Gewinnung von Teer handelt, letzteres namentlich bei der Verwendung von harzreichem Stockholze. Die Grube soll in einem festen, wenig durchlassigen Boden angelegt werden. Die Tiefe beträgt 1—$1\frac{1}{2}$ m, der obere Durchmesser 2—$2\frac{1}{2}$ m, der untere um $\frac{1}{2}$ m weniger. Die

Grube wird zuerst mit Reisig gefüllt und dasselbe angezündet. Sobald der Rauch nachläßt, wird die kohlige Masse zusammengestoßen und Holz nachgeworfen und mit Zwischenpausen so weiter verfahren, bis die ganze Grube gefüllt ist. Schließlich wird dieselbe mit Rasen und Erde bedeckt und 1—2 Tage der Abkühlung überlassen. Es ist selbstverständlich, daß bei dieser Manipulation ein großer Teil der Kohle verbrennt. Viel zweckmäßiger ist es, wenn man die Grube ausmauert oder mit einem dichten Lehmbeschlag versieht, das Holz auf einen Rost stellt und seitlich im Erdreich Luftzüge anbringt, welche unter dem Roste einmünden. Die regelrecht mit Holz gefällte Grube wird mit Rasen und Erde dicht eingedeckt. An einigen Stellen wird die Decke abgenommen und Feuer angemacht. Hat sich das Feuer über die ganze Grube verbreitet, so werden die Oeffnungen wieder zugedeckt und die weitere Feuerleitung durch Rauchlöcher in der Decke bewerkstelligt. Für den Abzug des Teeres ist unter dem Roste ein eigenes Rohr angebracht. Die Grube muß deshalb an einem Bergabhang angelegt werden.

II. Die Verkohlung in Oefen.

§ 34. Diese Methode wird vornehmlich dort angewendet, wo es sich neben der Erzeugung von Holzkohle auch um die Gewinnung der flüssigen Destillationsprodukte (Holzessig, Holzgeist und eventuell Teer) handelt. Dieser Betrieb ist im Gegensatz zur Meilerköhlerei ein rein fabriksmäßiger.

Die hierzu notwendigen Verkohlungs-Apparate weisen die verschiedensten Konstruktionen auf, sowohl mit Rücksicht auf deren Form und Größe, wie auch auf Einrichtung und Leistungsfähigkeit. Auch bezüglich der Art der Heizung unterscheidet man mehrere Systeme dieser Oefen, teils solche, bei denen, wie bei den Meilern, die Verkohlung durch eine teilweise Verbrennung des Kohlungsmateriales, andere wieder, bei denen sie durch direkte Feuergase oder Heizelemente (heiße Luft) bewirkt wird.

Diese sog. Meileröfen sind in der Regel für die Aufnahme großer Chargen eingerichtet und auch meist in der Form stehender Meiler gebaut.

Die gemauerten Verkohlungsöfen (wie jene von Reichenbach, Schwarz, Hahnemann, Scheffer, F. H. Meyer u. a.) stehen auch heute noch vereinzelt in Verwendung, haben sich aber doch im großen ganzen überlebt. Es haftet ihnen der Uebelstand an, daß das Mauerwerk trotz aller Mühe und Sorgfalt nicht dicht zu bringen ist und durch die vielen Fugen namhafte Mengen von Destillationsprodukten entweichen. Ein weiterer Nachteil ist die außerordentlich langsame Abkühlung nach Schluß der Verkohlung. Diese selbst geht zwar anstandslos von statten und ist bei Oefen von 80—120 Rm. Holzfüllung in 6—8 Tagen beendet. Die Abkühlung der Kohlenmasse aber nimmt mindestens 14—16 Tage in Anspruch, so daß der Ofen eigentlich nur $^1/_3$ der Zeit im Betriebe steht und $^2/_3$ derselben zum Abkühlen erforderlich ist. Die Leistungsfähigkeit der Oefen ist daher im Verhältnis zu den Anschaffungs- und Erhaltungskosten eine geringe.

Um diesen Uebelständen abzuhelfen, wurden verschiedene Abänderungen und Verbesserungen angebracht. Es wurden Oefen konstruiert, bei denen während des Betriebes von unten Kohle gezogen und oben Holz nachgefüllt werden kann. Auch andere kontinuierlich arbeitende Oefen wurden konstruiert, wie z. B. der von E. F. Ljungberg, welcher, aus vier ringförmig angeordneten Abteilungen bestehend, nach Art eines Ziegel-Ringofens funktionieren sollte; auch er gehört als solcher schon der Vergangenheit an.

Auch eiserne, mit Mauerwerk umgebene Oefen finden Anwendung. Sie sind aufrecht stehend und haben meist einen Fassungsraum von 40—45 Rm. Der Eiseneinsatz ruht auf einem Gewölbe, unter welchem die Feuerung angebracht ist. Im Inneren des Ofens befindet sich eine Anzahl vertikaler Röhren, welche von den Heizgasen durchzogen werden und die Holzfüllung zur Verkohlung bringen. Das Holz wird oben eingefüllt und die Kohle unten durch zwei große, geneigt liegende Entleerungsöffnungen ausgezogen.

Transportable Oefen haben den Erwartungen nicht entsprochen. Sie sollten dazu dienen, die Verkohlung gleich in der Nähe der Holzschläge vornehmen und dabei die flüssigen Destillationsprodukte gewinnen zu können. Diese Oefen hatten die Form aufrecht stehender Kessel mit einem Fassungsraum von etwa 2 Rm. und waren aus mehreren ringförmigen Teilen zusammengesetzt. Diese Teile wurden an Ort und Stelle zusammengepaßt und mit Lehm gedichtet. Hauptzweck dieser Oefen war, an Transportkosten zu sparen, was aber in der Wirklichkeit nicht zutraf.

Als ein Mittelding zwischen den Oefen und den im folgenden Kapitel zu besprechenden Retorten wäre vielleicht der kontinuierlich arbeitende Kanalofen von Gröndal anzusehen. Derselbe ist bis nun auch nur in Form einer Versuchsanlage in Schweden und einer Fabrikanlage in Finnland ausgeführt, aber mit allen bisherigen Errungenschaften auf

diesem Gebiete ausgestattet und — vorausgesetzt, daß alle Einzelprozeduren einen ungestörten Verlauf nehmen — für einen tatsächlich kontinuierlichen Betrieb eingerichtet.

Dieser Verkohlungsapparat besteht aus einem langgestreckten Kanal, der in sich in drei resp. fünf Abteilungen geteilt ist. Das Kohlholz wird in Hängekörben oder auf Laufwägen, welche mittelst Hänge- oder Geleis-Schienen und eines mechanischen Antriebes durch den Kanal langsam fortbewegt werden, vorerst in einen gemauerten Vorraum eingeführt, gelangt von hier in einen teils gemauerten, teils aus Schmiedeeisen gefertigten Vortrockenraum, dann in den eigentlichen, schmiedeeisernen Verkohlungsraum, welcher mit der Kondensationsanlage in Verbindung steht, des weiteren in den gemauerten Kohlen-Kuhlraum und endlich, zur Ausfuhr der fertigen Kohle, in eine gleiche Kammer, wie bei der Einfuhr. Alle die genannten Abteilungen sind durch gut schließende Schiebetüren von einander getrennt und ebenso die beiden Endräume nach außen verschließbar. Ein Generator liefert aus Holzabfällen die zur Verkohlung notwendigen Heizgase, welche vor ihrer eigentlichen Verwendung den Kühlraum durchziehen und so die fertige Holzkohle durch Wärmeentzug kühlen, nach geleisteter Verkohlungsarbeit aber die Trocknung des zu kohlenden Holzes im Vortrockenraum, bewirken.

Jede Wagenladung beträgt 3 Rm. Holz; nach je einer Stunde wird ein frischer Wagen eingeführt und einer mit fertiger Kohle herausgeschoben.

Die Ausbeuten sollen mit diesem Ofen etwas geringere sein, als bei anderen Konstruktionen, und seine Verwendung wird daher nur bei billigen Holzpreisen rentieren.

b) Holzdestillation.

Retortenverkohlung.

§ 35. Die rationellste Art der Holzverkohlung, bei möglichst großer Ausbeute an flüssigen Destillationsprodukten, ist jene in Retorten.

Es gibt verschiedene Konstruktionen von Verkohlungsretorten:

1. liegende;
2. stehende, und zwar a) eingemauerte, b) aushebbare.

Die gebräuchlichsten sind die liegenden Retorten, aus 10—12 mm starkem Schmiedeeisen geschweißt hergestellt, von 3 m Länge und 1 m im Durchmesser, daher annähernd 2.3 Rm. Fassungsraum. Vorne sind sie mit einer gußeisernen Türe verschlossen und am rückwärtigen Ende geht das Rohr für die Destillationsprodukte ab. Je zwei dieser Retorten haben eine gemeinsame Feuerung, welche derart eingerichtet ist, daß die Heizgase vom Roste durch einen Mauerkanal nach rückwärts ziehen und dort erst die Retorte treffen, um die Stichflamme abzuhalten. Von hier gehen sie durch einen Zug nach vorwärts, durch den zweiten nach rückwärts, wobei sie die unterste Hälfte der Retorte umspülen und sodann in den Kamin entweichen. Nach der Einrichtung von Bühler hat jede Retorte ihre eigene Feuerung, wodurch ein rationelles Heizen und daher auch eine Brennstoffersparnis erzielt wird. Die Destillation kann in 12 Stunden beendet sein, besser ist es jedoch, wenn dieselbe auf 16 Stunden ausgedehnt wird. Das Beschicken und Entleeren nimmt etwa eine Stunde in Anspruch. Es muß rasch erfolgen, um den Abbrand der Kohle tunlichst zu reduzieren und die Wärme des Ofens gut auszunützen.

Die Ladung des Holzes geschieht durch Einwerfen der Scheite; es kommen drei Lagen von je 1 m Länge hintereinander, so daß die Retorte ganz gefüllt ist. Die Scheite müssen regelrecht gelegt sein, um den Raum möglichst auszunützen. Ing. Bühler hat eine eigene Ladevorrichtung konstruiert, welche der Hauptsache nach aus einer auf fahrbarem Gestell montierten Hülse besteht.

Diese Hülse wird mit Holz beladen in die Retorte eingeschoben und leer herausgezogen, indem eine vorgesetzte Scheibe die Holzfüllung zurückhält. Um die am Schlusse der Destillation noch schwach rotglühenden Kohlen rasch ausziehen zu können, wird vor dem Einbringen des Holzes ein eiserner Rechen mit daran befindlicher Stange bis an das rückwärtige Ende der Retorte geschoben und beim Entleeren der Kohle vorgezogen.

Die Kohle kommt sofort in Kühlkästen, die, aus 4 mm starkem Eisenblech hergestellt, dicht verschließbar und zum Fahren eingerichtet sind. Jeder Kühlkasten faßt den Inhalt einer Retorte. Die Abkühlung dauert etwa 36 Stunden. Die noch heiße Retorte wird sogleich wieder mit Holz beschickt.

Für die Bewältigung größerer Holzmengen, bei relativ geringem Zeitaufwand, ist eine liegende Retortenanlage von F. H. Meyer, Hannover, konstruiert. Die 15 m lange zylindrische Retorte ist aus Schmiedeeisen und entweder auf der einen oder auf beiden Stirnseiten mit Türen dicht verschließbar; sie faßt 4 Waggonets, zu je 7, 5 Rm. Holz, welche auf Schienen in die Retorte eingeführt und nach vollzogener Destillation aus dieser gezogen oder geschoben werden. Der Retorte vis-à-vis ist ein ihr gleich großer, eiserner, gleichfalls dicht verschließbarer Zylinder situiert, in den die Waggonets mit den noch glühenden Kohlen durch einen entsprechenden Mechanismus in wenigen Sekunden zur Abkühlung befördert werden können. In die noch heiße Retorte werden sofort nach der Entleerung 4 frisch beschickte Waggonets eingefahren.

Die stehend eingemauerten Retorten haben oben die Füll- und unten die Entleerungsöffnung. Die Feuerung befindet sich seitlich, um die Stichflamme abzuhalten. Die Heizgase umspülen die Retorte spiralförmig nach aufwärts steigend und entweichen oben in den Kamin. Das Abzugrohr für die Destillationsprodukte ist ganz oben unmittelbar unter dem Deckel angebracht.

Bei der Verkohlung verringert sich das Volumen der Retortenfüllung um etwa $^1/_3$, so daß am Schlusse der Verkohlung die Retorte nur mehr zu $^2/_3$ ihres Rauminhaltes gefüllt ist. Um den leerwerdenden Raum sukzessive immer wieder auszufüllen, wird nach dem Patente F. Schmidt auf den Retorten ein Aufsatz angebracht, welcher über die Einmauerung frei herausragt, also nicht geheizt wird, und so wie die Retorte selbst mit Holz gefüllt ist. In demselben Maße, als das Volumen der Füllung abnimmt, rutscht Holz, schon entsprechend vorgewärmt, von oben nach und wird auf diese Art der geheizte Raum besser ausgenützt.

Die aushebbaren Retorten sind meist schwach konisch, doch auch zylindrisch geformt und sitzen oben mit einem starken Gußeisenring auf dem Umfassungsmauerwerk auf. Geheizt werden sie von unten, wo ein Gewölbe den Boden der Retorte gegen die direkte Einwirkung der Stichflamme schützt. Die Heizgase gehen durch Oeffnungen, welche ringsum im Mauergewölbe angebracht sind, ziehen an den Wandungen der Retorte nach aufwärts und entweichen oben in den Fuchs.

Das Ausheben geschieht mit Hilfe eines Laufkrahnes, welcher die Retorten nach dem Kühlplatz schafft, wo sie durch Oeffnen der Deckel und Umkippen direkt in die Kühlkästen entleert werden. In den frei gewordenen Ofenraum wird sogleich wieder eine andere, schon vorbereitete, mit Holz gefüllte Retorte eingesetzt, so daß die Destillation mit nur geringer Unterbrechung fortgesetzt werden kann.

Die aus den Retorten entweichenden Gase und Dämpfe passieren einen Röhrenkühler, wo der kondensierbare Anteil verdichtet wird und als Rohsäure abläuft, während die Gase zu den Feuerungen geleitet werden und mit zur Heizung beitragen. Um das Zurückschlagen der Gase beim Oeffnen der Retorte zu verhindern, ist das Auslaufrohr für das Destillat gekröpft und auch das Gasrohr mit einem Flüssigkeitsverschluß versehen.

Das Destillat wird in Absatzgefäße geleitet, wo der größte Teil des Teers zu Boden sinkt und die darüber stehende Rohsäure zur Weiterverarbeitung abgezogen gen wird.

Bei primitiver Einrichtung wird die vom Teer getrennte Rohsäure mit Aetz-

kalk neutralisiert, sodann in einen Destillierkessel gebracht, der Holzgeist abgetrieben und der Destillationsrückstand zur Trockene verdampft. Der dabei gewonnene essigsaure Kalk (Braunkalk) ist mit Teerprodukten stark verunreinigt.

Um ein reineres Produkt zu gewinnen, wird in allen besser eingerichteten Fabriken die Rohsäure ohne vorhergegangene Neutralisation destilliert. Zu diesem Zwecke werden drei Destillierblasen angewendet, welche stufenförmig nebeneinander aufgestellt sind. Die Rohsäure kommt in die unterste, größte, mit Dampfheizung versehene Blase und wird hier abdestilliert. Die Säuredämpfe gelangen in die zweite Blase, wo sich verdünnte Kalkmilch befindet, welche die Essigsäure bindet. Die Dämpfe, welche hier entweichen, gehen in die dritte Blase, die ebenfalls verdünnte Kalkmilch enthält und den Rest der Essigsäure aufnimmt. Die von hier abgehenden Holzgeist- und Wasserdämpfe gelangen in einen Kühler, wo totale Kondensation stattfindet und roher Holzgeist abläuft, welcher durch Rektifikation gereinigt wird. Die in der zweiten und dritten Blase befindliche Lösung von essigsaurem Kalk wird behufs Klärung durch Filterpressen gepumpt und läuft sodann in die Eindampfpfannen ab. Dieselben sind flach konstruiert, haben einen linsenförmigen Boden für Dampfheizung und eine abhebbare Dunsthaube. Der hier bis zur Trockene eingedampfte essigsaure Kalk wird auf geheizten Eisenplatten (Darre) weiter getrocknet und als sogenannter Graukalk in den Handel gebracht. Er bildet das Ausgangsmaterial für die Darstellung der Essigsäure, essigsauren Salze und des Acetons.

Im Anschluß an die Ausführungen über die trockene Destillation von Holz im allgemeinen sei hier nur kurz speziell der Verkohlung von harzreichen Nadelhölzern Erwähnung getan, bei welcher außer den bereits mehrfach genannten Produkten auch noch die der trockenen Destillation des Harzes gewonnen werden können. Zu diesem Zwecke wird das Holz vor der eigentlichen Verkohlung mit gesättigtem oder überhitztem Dampf destilliert. Nach einem neueren Verfahren von Elfström wird harzreiches Kiefernholz in einer Batterie von Retorten systematisch mit überhitztem Dampf destilliert, wobei in jeder Richtung bessere Ausbeuten als bei der gewöhnlichen Destillation und außerdem Terpentin von hoher Qualität gewonnen werden sollen.

c) Produkte der Holzdestillation.

§ 36. 1. Die Holzkohle. Eine gute Holzkohle muß folgende Eigenschaften besitzen:

1. Eine tiefschwarze Farbe mit stahlblauem Anfluge, über Hirn glänzend, ohne abzufärben. Ein brauner Farbenton zeigt unvollständige Verkohlung an. Kohlen aus morschem Holze sind matt und färben stark ab.

2. Die Holztextur soll deutlich hervortreten; der Bruch muß muschelig sein und die Stücke dürfen nur wenig Risse besitzen. Anbrüchiges Holz liefert texturlose Kohle. War das Holz feucht oder wurde es in zu starken Stämmen angewendet, so resultiert stark rissige Kohle.

3. Eine große Festigkeit und hellen Klang. Die Kohle für hüttenmännische Zwecke muß so fest sein, daß sie bei der Verwendung im Hochofen den Druck der darüber liegenden Erz- und Zuschlagschüttung auszuhalten imstande ist. Ueberfeuerte Kohlen oder Kohlen aus morschem Holze sind leicht zerreiblich und klanglos. Der Klang der Kohlen läßt sich schon beim Aufschütten deutlich erkennen.

4. Die Kohle muß ohne Rauch verbrennen und darf nur eine kurze, blaue Flamme geben. Nicht ganz durchgekohlte Stücke verbrennen mit langer leuchtender

Flamme und geben einen bedeutend geringeren Wärme-Effekt. Die Entzündungstemperatur der Holzkohle liegt bei etwa 360° C. Die Kohle glimmt an der Luft ruhig fort.

Das spezifische Gewicht der Holzkohle ist von verschiedenen Umständen abhängig. Vor allem ist zu unterscheiden zwischen dem spezifischen Gewicht der Kohlensubstanz exklusive Porenräume (wirkliches spez. Gewicht) und jenem der ganzen Kohlenstücke, inklusive der Hohlräume (scheinbares spez. Gewicht). Die Schwankungen beiderseits sind sehr bedeutend. Ersteres variiert von 1,4 bis 1,9 und kann im Mittel mit 1,6 angenommen werden; letzteres ist selbstverständlich viel geringer, 0,14 bis 0,25, im Mittel 0,20. Für den Kohlenhandel kommt nur das scheinbar spezifische Gewicht in Betracht. Auf dasselbe nehmen folgende Momente Einfluß: 1. Die Holzart. Die dichten harten Laubhölzer geben schwerere Kohle als das weiche Laubholz und die Nadelhölzer. 2. Der Feuchtigkeitsgehalt des Kohlholzes. Frisches Holz gibt leichtere Kohlen als das gut lufttrockene. 3. Die Verkohlungsmethode. Die Meilerkohlen sind weniger durchgekohlt und daher im allgemeinen schwerer als die Retortenkohlen. 4. Der Kohlgang und die Verkohlungstemperatur. Je rascher der Kohlgang geleitet wird, desto leichter fallen die Kohlen aus. (Das wirkliche spez. Gewicht steigt aber mit der Verkohlungs-Temperatur.) Violette fand dasselbe bei 310° C. = 1,42, bei 1500° C. = 1,87. Solche dichte Kohle ist schwer entzündlich und bedarf zum Fortbrennen einen scharfen Luftzug. Das Hektolitergewicht (in Kübeln oder Körben gemessen) hängt von der Holzart, von der Größe der Kohlenstücke, von dem spez. Gewichte und von der Art des Einschüttens ab. Es schwankt in der Regel bei Meilerkohlen aus hartem Holze zwischen 18 und 22 kg und aus weichem Holze zwischen 115 und 18 kg.

Gut durchgeglühte Meilerkohlen aus hartem und weichem Holze zeigten nach 18 in meinem Laboratorium untersuchten Proben folgende Zusammensetzung:

	Minimum	Maximum	Mittel
Kohlenstoff	81,3	86,9	84,5
Wasserstoff	1,8	2,4	2,2
Sauerstoff	4,6	8,3	6,7
Hygroskopisches Wasser	4,5	7,0	4,6
Asche	1,4	4,1	2,0
Kalorischer Wert	6900	7600	7130

Von diesen 18 Proben wurden 8 auf ihre Festigkeit geprüft und dabei folgende Resultate erhalten:

	Druckfestigkeit in 1 kg per 1 cm²					
	auf der Hirnfläche			auf der Wölbfläche		
	Minimum	Maximum	Mittel	Minimum	Maximum	Mittel
Kohle aus hartem Holze	265	332	305	21	58	41
„ „ weichem „	78	182	125	11	38	22

Die Holzkohle ist ein guter Wärmeleiter. Wird das Leitungsvermögen des Eisens = 100 gesetzt, so ist jenes der Holzkohle rund 60—65.

Beim Liegen an der Luft nimmt die Holzkohle 5—12 % Feuchtigkeit auf. Im frisch geglühten Zustande besitzt die Holzkohle ein beträchtliches Absorptionsvermögen für Gase und Flüssigkeiten, sowie auch für gelöste Substanzen, namentlich Farb- und Riechstoffe. Darauf beruht ihre Anwendung zum Entfuseln des Weingeistes, hier und da auch zum Entfärben von Lösungen, Reinigen des Trinkwassers etc.

Die hauptsächlichste Verwendung findet die Holzkohle im Eisenhüttenbetriebe, im Schmiedefeuer und für die Metallgewinnung- und Verarbeitung überhaupt. Früher

war ihre Anwendung eine viel größere und vielseitigere; heute ist, wie schon erwähnt, die Holzkohle zum großen Teil durch Gasfeuerung verdrängt.

§ 37. 2. Der Holzessig. Der bei dem primitiven Verfahren gewonnene rohe Holzessig ist eine rotbraune, trübe Flüssigkeit von stechendem, empyreumatischem Geruche und stark sauerer Reaktion. Sein spezifisches Gewicht schwankt zwischen 1,025 bis 1,050. Er ist mit Teerprodukten verunreinigt und enthält eine ganze Reihe von Bestandteilen [1]), von denen aber nur die Essigsäure und der Holzgeist verwendbar sind. Bei der verbesserten Destillationsmethode wird überhaupt kein Essig, sondern nur essigsauerer Kalk und einfach destillierter Holzgeist gewonnen.

Darstellung reinerer Produkte. Um aus dem einfach destillierten Holzgeist den Methylalkohol mehr oder minder rein zu gewinnen, muß der rohe Holzgeist einer fraktionierten Destillation unterworfen werden. Hierzu dienen, ebenso wie bei der Aethylalkohol-Erzeugung in der Spiritusbrennerei, entweder periodisch oder kontinuierlich wirkende Destillierapparate, in denen der rohe Holzgeist, durch wiederholte Destillation (Rektifikation) und teilweise Kondensation (Dephlegmation), in verschiedene Fraktionen, entsprechend den Siedepunkten der einzelnen Bestandteile, zerlegt und diese nacheinander oder nebeneinander aufgefangen werden können. Bei der periodischen Fraktionierung ergibt jede Rektifikation Produkte, welche entweder schon als solche Verwendung finden können (z. B. Denaturierungsholzgeist, Methylalkohol für Formaldehyd- und Anilinfarben-Fabrikation (mit 0,03—0,5 % Aceton), zu Parfümeriezwecken (mit 0,01 % Aceton), oder welche erst nach weiterer Raffinierung als rein anzusprechen sind. Die kontinuierliche Rektifikation hingegen, in sog. Kolonnenapparaten ausgeführt, liefert in einem Zuge, ununterbrochen im Zu- und Ablauf, nicht nur Zwischenprodukte (Denaturierungsholzgeist etc.), sondern auch Methylalkohol höchster Grädigkeit.

Der chemisch reine Methylalkohol, CH_4O oder $H.CH_2.OH$, ist eine farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit von eigentümlich schwach alkoholischem Geruch und brennendem Geschmack. Bei 15° C. hat er eine Dichte von 0,7984. Sein Siedepunkt liegt bei 66,5° C. Auf Zusatz von Wasser bleibt er klar (Zeichen der Reinheit), mischt sich in allen Verhältnissen mit Wasser, Alkohol und Chloroform. Er ist ein Lösungsmittel für Harze, ätherische Oele, Kampfer, Wallrath etc., und kann daher in der Industrie mehrfache, bereits erwähnte, Verwendung finden. Er brennt mit schwach leuchtender, nicht rußender Flamme. Sein Heizwert beträgt 5310 Kalorien, ist daher wesentlich geringer als der des Weingeistes (Aethylalkohol), welcher sich auf 7120 Kalorien stellt.

Reine Essigsäure wird entweder aus dem Calcium- oder Natriumacetat hergestellt.

Der in vorhin angegebener Weise gereinigte essigsaure Kalk wird mit Salzsäure zerlegt und die Essigsäure abdestilliert.

$$(C_2H_3O_2)_2Ca + 2HCl = CaCl_2 + 2(C_2H_4O_2).$$

Die Salzsäure muß entsprechend verdünnt sein und darf kein Ueberschuß davon in Anwendung kommen.

Die Destillation geht zwischen 100 und 120° C. glatt vonstatten. Das Destillat ist farblos, riecht nur schwach empyreumatisch und gibt mit Silbernitrat nur eine ganz schwache Trübung. Der schwache Teergeruch kann durch nochmalige Destillation der Säure unter Zusatz von 2—3 % Kaliumbichromat oder auch durch frisch geglühte Holzkohle beseitigt werden. Der Gehalt des Destillates an Essigsäure soll etwa 35—40 % betragen, was man durch die Verdünnung der zur Zerlegung benützten Salzsäure in der Gewalt hat.

Die Zerlegung des essigsauren Kalkes durch Schwefelsäure anstatt Salzsäure hat sich in der letzten Zeit immer mehr eingebürgert. Die Preisverhältnisse zwischen den beiden Säuren haben zugunsten der Schwefelsäure entschieden und ebenso auch die Ausbeuten an höher prozentigen Essigsäure-Produkten. Im Prinzip sind die beiden Methoden gleich; in der Ausführung erfordert aber das Schwefelsäureverfahren mehr Vorsicht und für den speziellen Zweck eingerichtete Destillierapparate.

An Stelle des Calciumacetates wurde früher vielfach das Natriumacetat, das sog. Rotsalz, in den Holzdestillationen hergestellt und zur Essigsäurefabrikation verwendet. Zu diesem Zweck wird der Holzessig mit Soda neutralisiert; die sich dabei ausscheidenden teerigen Produkte werden entfernt, die Lösung in den Destillierapparat gebracht und der Holzgeist abgetrieben. Die in der Destillierblase verbleibende Flüssigkeit wird in eine flache Pfanne abgelassen und bis auf 27° B (heiß gewogen) konzentriert. Diese von den Teerbestandteilen intensiv rot gefärbte Lösung kommt in noch heißem Zustande in eiserne Kristallisierkästen, wo beim Abkühlen das Natriumacetat auskristallisiert. Die Kristalle werden

1) Aceton (Siedepkt. 56,3° C.), Methylalkohol (Siedepkt. 66,5° C.), Allylalkohol (Siedepkt. 97,0° C.), Aldehyd, Methylacetat, höhere Ketone, Amine, Holzöle und Wasser.

in der Zentrifuge von der Mutterlauge getrennt und in einem Kessel geschmolzen. Zuerst zerfließen die Kristalle in ihrem Kristallwasser, beim Abdunsten derselben wird die Masse allmählich trocken, staubig und bei weiterer Steigerung der Temperatur beginnt jetzt der eigentliche Fluß. Das Schmelzen wird so lange fortgesetzt, bis eine herausgenommene Probe mit Wasser eine farblose Lösung gibt. Ist dieser Punkt erreicht, so wird die Schmelze aus dem Kessel entleert, in siedend heißem Wasser gelöst, die Lösung filtriert und zur Kristallisation angestellt. Die Kristalle werden wieder von der Mutterlauge getrennt, mit Schwefelsäure zerlegt und die Essigsäure abdestilliert.

$$2(C_2H_3O_2Na)+H_2SO_4=Na_2SO_4+(C_2H_4O_2).$$

Die auf diese Art erzeugte Essigsäure ist nahezu chemisch rein.

Will man Eisessig, so wird die Zerlegung mit konzentrierter, andernfalls mit entsprechend verdünnter Schwefelsäure vorgenommen.

Die Mutterlaugen, welche von den Kristallisationen resultieren, werden immer wieder eingedampft, neuerlich zum Kristallisieren gebracht und so bis auf einen kleinen Rest, der schon sehr unrein ist, aufgearbeitet.

Die reine, wasserfreie Essigsäure $C_2H_4O_2$ (oder CH_3COOH) ist eine farblose Flüssigkeit, welche bei + 16,7° C. kristallinisch erstarrt (Eisessig). Ist die Säure wasserhaltig, so liegt die Erstarrungstemperatur tiefer.

Die Säure besitzt einen sehr scharfen, stechend sauren, zu Tränen reizenden Geruch und wirkt, auf die Haut gebracht, blasenziehend. Bei 15° C. ist die Dichte der flüssigen Säure 1,055. Auf Zusatz von Wasser steigt die Dichte und erreicht in der 77 bis 80prozentigen Säure ihr Maximum von 1,075. Der Siedepunkt liegt bei 118° C., nichtsdestoweniger verdunstet sie aber schon bei gewöhnlicher Temperatur in merklicher Menge. Der Dampf ist brennbar. Die reine Essigsäure mischt sich in allen Verhältnissen mit Wasser, Alkohol und Aether. Sie löst viele ätherische Oele, Kampfer, Harze, Gummi, Kleber etc. Einzelne ätherische Oele, wie z. B. Zitronenöl und Terpentinöl, sind nur in höchst konzentrierter Essigsäure löslich. Wenn die Säure mehr als 2% Wasser enthält, so sind die genannten Oele unlöslich; man kann dieses Verhalten dazu benützen, einen 2% übersteigenden Wassergehalt in der Säure nachzuweisen. Die Essigsäure ist eine einbasische Säure; die Salze derselben werden Acetate genannt.

Für sich allein kann die Essigsäure, bezw. ihr Dampf, bis auf 360° C. erhitzt werden, ohne eine Veränderung zu erfahren. Kommt jedoch Essigsäuredampf mit glühender Kohle in Berührung, so wird er in Sumpfgas, Kohlenoxyd und Kohlensäure zerlegt.

$$2C_2H_4O_2+C=2CH_4+2CO+CO_2.$$

Dieser Prozeß geht schon bei schwacher Rotglut vor sich, erfolgt daher auch bei der trockenen Destillation des Holzes und verringert die Ausbeute an Essigsäure.

Für die Darstellung der essigsauren Salze (Acetate) bildet entweder der essigsaure Kalk oder die freie Essigsäure den Ausgangspunkt. Die Acetate finden in der Färberei, Zeugdruckerei, Farbenfabrikation, ferner für chemische und pharmazeutische Zwecke Anwendung. Die wichtigsten derselben sind:

1. Bleiacetate: das neutrale Salz (Bleizucker) $(C_2H_3O_2)_2Pb+3aq$, das basische Salz (Bleiessig) $2Pb(C_2H_3O_2)_2 \cdot Pb(OH)_2$.

2. Die Kupferacetate: das neutrale Salz (Grünspan) $(C_2H_3O_2)_2Cu+aq$ das zweidrittelsaure Salz $2(C_2H_3O_2)_2Cu+CuO+6aq$, das essig-arseniksaure Kupfer (Schweinfurter Grün) $(C_2H_3O_2)_2Cu+3(As_2CuO_4)$.

3. Die Aluminiumacetate: das normale Salz $Al_2(C_2H_3O_2)_6$, das basische Salz $Al_2(OH)_2(C_2H_3O_2)_4$.

4. Die Eisenacetate: das Oxydulacetat (Eisenbeize) $(C_2H_3O_2)_2Fe+4aq$, die Oxydacetate: das neutrale Salz $Fe_2(C_2H_3O_2)_6$, das basische Salz $Fe_2(OH)_2(C_2H_3O_2)_4$ und diverse andere.

Aus dem essigsauren Kalk wird durch trockene Destillation bei 300—400° C. Aceton gewonnen.

$$(C_2H_3O_2)_2Ca=CaCO_3+\underbrace{2CH_3—CO—CH_3}_{\text{Aceton}}$$

Das bei der ersten Destillation erhaltene Rohaceton wird mit Wasser verdünnt, um die mit übergegangenen Teeröle abzuscheiden, und sodann unter Zusatz von Alkalien oder alkalischen Erden, behufs Bindung der flüchtigen Säuren und Zerstörung der Aldehyde, durch fraktionierte Destillation in kontinuierlich wirkenden Rektifizier-Kolonnen-Apparaten, ebenso wie der Holzgeist, raffiniert.

Aus 100 kg essigsaurem Kalk werden durchschnittlich 24—25 kg Rohaceton oder ca. 20 kg Reinaceton erhalten.

Das Aceton (C_3H_6O) ist eine eigentümlich riechende Flüssigkeit vom spez. Gewicht 0,792 (bei 20° C.), siedet bei 56,5°, mischt sich mit Wasser, Alkohol und Aether und kann durch Zusatz von Salzen aus diesen Lösungen wieder abgeschieden werden. Die Acetondämpfe sind brennbar und geben mit Luft ein explosibles Gemisch.

Die Hauptverwendung findet das Aceton zur Erzeugung von rauchschwachem Schießpulver, ferner als Lösungsmittel für Harzöle, in der Zelluloidindustrie etc.

§ 38. 3. Der Holzteer. Die äußeren Eigenschaften des Teeres (Konsistenz, Farbe, Geruch) sind je nach seiner Abstammung verschieden.

Der Teer aus Nadelhölzern ist syrupartig, dunkelbraun und besitzt einen empyreumatischen Geruch, der Laubholzteer ist fett- oder talgartig, graubraun bis dunkelbraun und riecht widerlich brenzlich.

Die chemische Zusammensetzung des Teers ist sehr kompliziert; es sind bis jetzt über 20 verschiedene Bestandteile darin nachgewiesen worden.

Der Holzteer wird zumeist ohne weitere Verarbeitung als Anstreichmittel für Holz, namentlich bei Schleusen-, Brücken-, Uferschutzbauten, Zäunen und dgl. verwendet.

Unterwirft man den Teer einer fraktionierten Destillation, so können drei verschiedene Produkte daraus gewonnen werden, und zwar:

10—15% leichtes Oel vom spez. Gew. 0,900—0,977
15—20% schweres „ „ „ „ 1,014—1,021
40—50% Pech.

Das auf 100 Fehlende ist Wasser mit etwas Essigsäure. Das bei allmählich bis zu 160° C. ansteigender Temperatur übergehende leichte Oel (Kienöl) besteht vorwiegend aus Kohlenwasserstoffen der Reihe C_nH_{2n-6} (wie Benzol, Toluol, Xylol, Cymol) und kann, nachdem es von dem gleichzeitig mit übergehenden essigsauren Wasser getrennt ist, als Beleuchtungsmaterial oder als Lösungsmittel für Fette, Harze oder dergleichen Verwendung finden.

Das zwischen etwa 180—260° C. übergehende schwere Oel enthält Kreosot nebst diversen Beimengungen. Es kann als Imprägnierungsmittel für Holz, Erzeugung von Wagenschmiere und dgl. benützt werden; am vorteilhaftesten ist es aber, das Kreosot daraus zu gewinnen. Zu diesem Zwecke wird es nochmals einer Destillation unterzogen, mit Wasser gewaschen und mit Sodalösung entsäuert. Die vom Waschmittel abgezogenen Kreosotöle werden in einem Mischapparat mit schwacher Natronlauge systematisch extrahiert, wodurch das Kreosot und auch alle übrigen Phenole in Lösung gehen, die sonstigen Beimengungen aber ungelöst zurückbleiben. Durch Einblasen von Dampf wird die alkalische Rohkreosotlösung von suspendierten Bestandteilen befreit und die so geklärte Lösung nun mit Mineralsäure (Schwefel- oder Salzsäure) zerlegt. Das Rohkreosot scheidet sich hierbei als ölige Schichte ab, welche durch Ablassen der Säure von dieser getrennt werden kann. Durch wiederholtes Lösen dieses Rohkreosots in Natronlauge, Zersetzung der Lösung mit Säure und Destillieren erhält man dann das Reinkreosot.

Das Kreosot ist kein chemisches Individuum, sondern ein Gemenge von komplizierter Zusammensetzung. Es besteht aus:

Phenol $C_6H_5(OH)$.

Kreosol $C_6H_3(CH_3)(OCH_3)(OH)$.

Parakresol $C_6H_4(CH_3)(OH)$.

Phlorol $C_6H_3(CH_3)(CH_3)(OH)$.

Guajacol $C_6H_4(OCH_3)(OH)$.

Ferner aus den Dimethyläthern: des Pyrogallols, des Methylpyrogallols und des Propylpyrogallols.

Das reine Kreosot ist eine farblose, am Lichte jedoch allmählich gelb werdende, stark lichtbrechende Flüssigkeit von öliger Konsistenz, rauchartigem Geruch und intensiv brennendem Geschmacke. Auf die Haut gebracht wirkt es ätzend. Es zeigt neutrale Reaktion. Das spezifische Gewicht schwankt zwischen 1,030—1,080; der Siedepunkt liegt zwischen 205 und 220° C. Bei — 20° ist es noch flüssig. In alkalischen Laugen, in Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff ist es leicht, in Wasser schwer löslich.

Der Destillationsrückstand „das sog. Pech“ erstarrt beim Erkalten zu einer schwarzen, glänzenden Masse von muscheligem Bruch. Es besteht der Hauptmenge nach aus Paraffin C_nH_{2n+2} und ähnlichen Verbindungen und findet als Schiffpech, als Dichtungsmaterial für Holzstöckelpflaster etc. Verwendung.

Besondere Erwähnung verdient noch der Teer von harzreichen Nadelhölzern und der Birkenrindenteer. Der erstere, unter den Namen: schwedischer, Stockholmer, russischer oder finnländischer Teer ein gesuchtes Handelsprodukt, unterscheidet sich in seinem Wert vom Laubholzteer durch seinen Gehalt an Produkten der trockenen Destillation des Harzes, der mitunter kein geringer ist. Schon bei der Destillation

des Holzes wird man daher, wie bereits angedeutet, Vorsorge treffen, um diese Produkte möglichst getrennt vom Teer auffangen zu können und ein Destillat zu erhalten, welches unter der Bezeichnung „Rohkienöl" mit als Rohmaterial für die Herstellung von Harzdestillations-Produkten dient. Dort wo dies nicht möglich ist, wird der Teer die Hauptmenge der Harzbestandteile enthalten und dieser somit zur Gewinnung des Rohkienöles herangezogen werden.

Durch Destillation, Reinigung auf chemischem Wege und sorgfältige Fraktionierung gelingt es, aus diesem Rohkienöl Raffinate herzustellen, welche den eigentlichen Harzprodukten (hauptsächlich Terpentinöl) zwar nicht völlig gleichkommen, aber sehr wohl als Surrogate für diese Verwendung finden können.

Der Birkenrindenteer, welcher namentlich in Rußland erzeugt wird, ist dünnflüssig, ölartig, graublau bis schwarzblau, opalisierend, von intensivem, an Steinöl erinnernden Geruch, leicht flüchtig und spezifisch leichter als Wasser. Die Hauptbestandteile sind Toluol C_7H_8 (bis zu 50 %), Benzol C_6H_6 und das sogenannte Eupion (d. i. ein Gemisch von mehreren, dem Benzol homologen Kohlenwasserstoffen). Birkenrindenteer dient zur Bereitung des Juchtenleders und zur Darstellung der vorgenannten Produkte, welche in der Industrie mehrfache Verwendung finden.

Ausbeute an Holzkohle, Holzessig, Holzgeist und Teer.

Mittlere Kohlenausbeute aus folgenden Holzarten und Sortimenten	In stehenden Meilern und zwar			
	Ständige Kohlung		Wandernde Kohlung	
	Gew. %	Vol. %	Gew. %	Vol. %
Fichten-Scheitholz	25	70	20	60
„ -Prügelholz	22	60	18	50
„ -Stockholz	23	63	—	—
Tannen-Scheitholz	24	65	20	56
„ -Prügelholz	20	50	—	—
Kiefern-Scheitholz	25	65	22	60
„ -Prügelholz	21	60	18	50
Lärchen Scheitholz	24	70	21	60
„ -Prügelholz	—	—	18	50
Rotbuchen-Scheitholz	20	50	17	40
„ -Prugelholz	18	50	14	40
Eichen-Scheitholz	22	55	19	58
„ -Prügelholz	20	55	17	50

Diese Zahlen sind nur als beiläufige Werte aufzufassen, da die Ausbeute von so vielen Momenten beeinflußt wird, daß sich allgemein gültige Mittel- oder Grenzwerte gar nicht angeben lassen. Ganz besonders gilt dies von der volumprozentigen Ausbeute, wo auch noch die Unsicherheit des Messens dazu kommt. Im großen Durchschnitte werden pro Raummeter vom

weichen Holze 5 bis 8 im Mittel 6½ Hektoliter,
harten „ 3½ „ 5½ „ „ 4½ „

Holzkohle gewonnen.

Für die Ausbeute an Essig resp. Graukalk kann nur die Verkohlung in Retorten und Oefen maßgebend sein. Je langsamer die Verkohlung vor sich geht, desto höher ist die Ausbeute an Gesamtdestillat. Entrindetes Holz gibt mehr Säure als solches mit der Rinde; desgleichen gesundes Holz mehr als anbrüchiges; Stammholz mehr als Astholz und Laubholz mehr als Nadelholz. Von großem Einflusse ist der Wasserstoffgehalt des Holzes.

Im fabriksmäßigen Betriebe, bei guter Einrichtung werden aus 100 kg Buchenholz (entrindet) erhalten:

24—25 kg Holzkohle,
7—8 „ Graukalk,
1—1½ „ Holzgeist,
7—8 „ Teer.

Diese Zahlen beziehen sich auf Holztrockensubstanz.

Bei Nadelholz ist die Ausbeute an Graukalk um 2—3 kg und an Holzgeist um etwa ½ kg geringer, jene an Teer hingegen höher. Bei harzreichen Hölzern steigt die Teerausbeute auf 12—16 kg. In der Regel ist aber für den Teer keine entsprechende Verwertung zu finden, so daß er in den Destillationsanstalten verheizt werden muß.

Für die Rentabilität des Unternehmens ist der Trockenheitsgrad des zur Verkohlung gelangenden Holzes sehr maßgebend, weil davon der Brennmaterialaufwand abhängt. Man läßt daher das Holz durch längeres Ablagern möglichst gut lufttrocken werden oder wendet künstliche Trocknung an durch die von den Retortenheizungen abziehenden Essengase, bei gleichzeitig starker Ventilation in den Trockenräumen.

§ 39. Verkohlung von Holzabfällen. Seit Jahren schon werden Anstrengungen gemacht, die Holzabfälle von Sägewerken und ähnlichen Holzverarbeitungsstätten, welche dort, wo man keine Gelegenheit hat, sie zu verfeuern, nicht nur ganz wertlos sind, sondern auch noch Kalamitäten bei der Wegschaffung verursachen, zur Verkohlung zu verwenden. Bei der gewöhnlichen Art der Verkohlung resultiert aber nur Kohlenklein oder Pulver, welches erst brikettiert werden muß, um es in eine gebrauchsfähige Form zu bringen. Da aber das Holzkohlenpulver, selbst bei starker Pressung, keine genügende Bindigkeit hat, so muß ein Bindemittel (Wasserglas, Teer, Gallerte von Caraghenmoos etc.) zugesetzt werden, was die Fabrikation verteuert. Teer hätte man am billigsten zur Verfügung; solche Briketts müssen aber dann noch nachträglich wieder bis zur vollständigen Entgasung erhitzt werden, was nicht mehr rentiert. Da ferner die Hauptmenge der Sägewerksabfälle solche von Nadelhölzern sind, welche relativ geringe Ausbeuten an Graukalk und Holzgeist liefern, so gestaltet sich auch mit Rücksicht darauf die Verkohlung derselben nicht rentabel und erklärt sich somit die Erscheinung, daß bis zum heutigen Tage diese Art der Verwertung von Holzabfällen noch nicht im großen eingeführt ist.

Ganz abgesehen von der geringeren Rentabilität der Verkohlung von Abfällen gegenüber der von Holz in jeder anderen Form überhaupt, kommt als weiterer Uebelstand bei dieser Nutzungsart noch hinzu, daß es der Technik trotz der eifrigsten Anstrengungen bis nun nicht gelungen ist, einen für diese Zwecke einwandfrei funktionierenden Apparat zu konstruieren. Die dichte Lagerung des Sägemehls in den Verkohlungsapparaten gewöhnlicher Art verhindert einen freien Durchgang der Gase und Dämpfe, welche die Wärmeübertragung vermitteln sollen, und dementsprechend auch den Abzug der Destillationsprodukte, als deren Folgen sich ergeben: unregelmäßiger Betrieb und ungleichmäßige Produkte. Auch der hohe Wassergehalt der Sägeabfälle bereitet Schwierigkeiten.

Zahlreiche Patente auf Erfindungen, welche diese Schwierigkeiten beheben sollten, wurden genommen, keines aber hat sich über das Versuchsstadium hinaus bewährt.

Kurz erwähnt seien daher hier nur die Versuche mit: Retorten mit Rührvorrichtungen, rotierenden Retorten mit oder ohne Rührwerken, Brikettierung der Sägespäne, unter den verschiedensten organischen und anorganischen Zusätzen,

Verkohlung des Materials in dünner Schicht, auf Horden oder während des langsamen Durchrieselns durch den Verkokungsraum u. a. m.

V. Das Holz als Heizmaterial.

§ 40. Allgemeines über den Heizwert der Brennmaterialien. Der Wert eines Heizstoffes ist abhängig von seiner chemischen Zusammensetzung. Die gewöhnlichen festen Brennstoffe, wie Holz, Torf, Braunkohle und Steinkohle bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, nebst geringen Mengen von Stickstoff; ferner enthalten alle hygroskopisches Wasser und Mineralbestandteile. In den fossilen Brennstoffen ist auch Schwefel, und zwar vorwiegend als Schwefelkies vorhanden.

Alle fossilen Brennstoffe sind insoferne gleichen Ursprungs, als die Holzfaser das Material hierzu geliefert hat. Der Zersetzungsprozeß, welcher dabei stattgefunden hat, wird in seinen ersteren Stadien als Vermoderung und in den späteren Perioden als Karbonisierung bezeichnet. Die gesamte organische Substanz erfährt dabei eine Abnahme, jedoch schwindet der Sauerstoff und Wasserstoff in höherem Maße als der Kohlenstoff. Die Folge davon ist, daß mit zunehmendem Alter, resp. fortschreitender Zersetzung, die Substanz relativ immer kohlenstoffreicher wird, und zwar läßt sich mit Zugrundelegung der Mittelzahlen folgende Reihe aufstellen:

	C	H	O
Holzfasern	50	6,3	43,7
Jüngerer Torf (Fasertorf)	54	6	40
Aelterer Torf (Specktorf)	60	6	34
Jüngste Braunkohle (Lignit)	62	6	32
Gemeine Braunkohle	70	5,5	24,5
Fette Steinkohle	80	5	15
Magere Steinkohle	88	4	8
Anthrazit	95	2	3

Dieser Prozeß ist auch im Anthrazit noch nicht völlig abgeschlossen; das Endprodukt ist reiner Kohlenstoff „Graphit".

Obige Zahlenreihe bezieht sich auf wasser- und aschenfreie Substanz; die geringe Menge an Stickstoff ist außer Acht gelassen. Der Wassergehalt ist im lufttrockenen Torfe und in der Braunkohle in der Regel ein hoher, 10—30%, in der Steinkohle dagegen gering, meist 2—8%. Der Aschengehalt ist in allen fossilen Brennstoffen großen Schwankungen unterworfen; in den besten Quantitäten beträgt er 1—5, in den mittleren 5—10 und in den schlechten 55% und darüber.

Die Wärmemenge, welche ein Heizstoff zu entwickeln vermag, kann entweder aus seiner chemischen Zusammensetzung berechnet oder auf kalorimetrischem Wege bestimmt werden.

Für die Berechnung des Heizwertes aus der Elementar-Zusammensetzung dienen folgende Zahlen:

Bei der Verbrennung

von 1 kg	Kohlenstoff	zu Kohlensäure	werden rund	8 100	Kalorien [1])
„ 1 „	Wasserstoff	„ Wasserdampf	„ „	29 000	„
„ 1 „	Schwefel	„ Schwefeldioxyd	„ „	2 500	„

produziert.

Alle anderen Bestandteile sind wärmekonsumierend und setzen daher den Wert des Brennstoffes herab; namentlich ist dies der Fall beim Wasser. Um 1 kg Wasser von gewöhnlicher Temperatur in Dampf von 100 ° C. zu verwandeln, sind rund 600 Kalorien erforderlich.

Mit Zugrundelegung dieser Zahlen ergibt sich der Heizwert (p) aus der Dulongschen Formel:

---

1) Unter Kalorie oder Wärmeeinheit ist jene Wärmemenge verstanden, welche notwendig ist, um 1 kg Wasser um 1° C. zu erwärmen.

$$p = \frac{8100\ C + 29000\left(H - \frac{O}{8}\right) + 2500\ S - 600\ W}{100},$$

worin C, H, O, S und W Prozente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Schwefel und Wasser bedeuten. Durch 100 muß dividiert werden, weil hier Prozentzahlen in Rechnung gestellt sind, der Heizwert sich aber auf die Gewichtseinheit (1 kg) des Brennstoffes bezieht.

Vom Wasserstoff ist nur jener Anteil wärmegebend, welcher verbleibt, wenn aller Sauerstoff in dem Gewichtsverhältnisse H : O = 1 : 8 gebunden erscheint.

Der Ausdruck $\left(H - \frac{O}{8}\right)$ gibt somit die Menge des nach der Bindung noch übrig bleibenden Wasserstoffes, welcher als „disponibel" angesprochen wird.

Hätte eine Steinkohle z. B. folgende prozentische Zusammensetzung:

70,06 C, 4,32 H, 10,58 O, 0,93 N, 8,42 hygroskopisches Wasser und 5,69 Asche (darin 0,43 S als Schwefelkies angenommen), so berechnet sich der Heizwert nach obiger Formel mit

$$\frac{8100 \times 70{,}06 + 29\,000 \times \left(4{,}32 - \frac{10{,}58}{8}\right) + 2500 \times 0{,}43 - 600 \times 8{,}42}{100} = 6595 \text{ Kalorien.}$$

Bei der kalorimetrischen Heizwertbestimmung wird eine kleine Menge des Brennstoffes (gewöhnlich nur 1 g), welche einer unter besonderen Vorsichtsmaßregeln hergestellten Durchschnittsprobe entspricht, in einem eigens hierfür konstruierten Apparat (Kalorimeter) in komprimiertem Sauerstoffgas vollkommen verbrannt. Die dabei entwickelte Wärme wird auf ein gewogenes Wasserquantum übertragen und die Temperaturzunahme desselben bis auf Tausendstel Grade genau ermittelt. Alle Wärmeverluste sind dabei sorgfältig vermieden. Bei den älteren fossilen Brennstoffen (Steinkohle und Braunkohle) stimmen die auf kalorimetrischem Werte mit der durch Rechnung nach der Dulongschen Formel gefundenen recht gut überein und sind selten Differenzen von mehr als 3 % des Heizwertes zu konstatieren. Beim Holze und auch bei jüngerem Torfe hingegen ist dies nicht der Fall und sind die kalorimetrisch bestimmten Heizwerte regelmäßig höher als die berechneten, wie weiter unten erörtert ist.

Dieser theoretisch ermittelte Heizwert ist in der Praxis niemals erreichbar, weil bei einer jeden Feuerungsanlage, mag sie beschaffen sein wie immer, gewisse Wärmeverluste unvermeidlich sind. Dieselben sind begründet:

1. in dem Entweichen der Verbrennungsprodukte mit hoher Temperatur (sogen. Schornsteinverlust);
2. in der unvollkommenen Verbrennung (Entweichen unausgebrannter Gase und Dämpfe, Rauch- und Rußbildung, unverbrannte Teile in der Asche und Schlacke);
3. Wärmeabgabe nach außen (Leitungs- und Strahlungsverlust).

Bei den besten Feuerungsanlagen können bis zu 80% der Wärme ausgenützt werden; in der Regel ist der Nutzeffekt aber viel geringer; bei mittleren Anlagen beträgt er zwischen 60 und 70 und bei schlechten sinkt er nicht selten bis unter 50% herab.

Die auf die Gewichtseinheit (1 kg) bezogene Wärmemenge wird der absolute und die auf die Volumeinheit (z. B. 1 Rm.) bezogene der spezifische Wärmeeffekt genannt. Neben der Menge kommt unter Umständen auch die Intensität der Wärme (Verbrennungstemperatur) in Betracht. Diese Zahl wird als pyrometrischer Wärmeeffekt bezeichnet. Unter Verdampfungswert (V) versteht man jene Zahl, welche angibt, wie viele Kilogramm Wasser durch 1 kg des Brennstoffes verdampft werden können. Die Gesamtwärme (G), welche zur Verdampfung des Wassers beansprucht wird, ergibt sich aus der Formel:

$$G = 606{,}5 + 0{,}305\ T - t,$$

worin T die Temperatur des Dampfes und t die Anfangstemperatur des Wassers bedeutet. Wäre T = 100 und t = 0, so ist G = 637. Diese Zahl wird gewöhnlich auf 630 abgerundet.

Daher $V = \frac{p}{630}$, worin p den absoluten Wärmeeffekt des Brennstoffes bedeutet.

§ 41. Heizwert des Holzes im Vergleiche mit den fossilen Brennstoffen. Nach der durchschnittlichen Elementar-Zusammensetzung der gewöhnlichen Holzarten berechnet sich der Heizwert der Holztrockensubstanz mit

$$\frac{8100 \times 49.6 + 29000 \times \left(6.1 - \frac{43.8}{8}\right)}{100} = 4200$$

Kalorien. In Wirklichkeit ist derselbe aber höher und wurde durch kalorimetrische Untersuchungen mit rund 4500 gefunden. Da die Elementar-Zusammensetzung der gewöhnlichen Holzarten nur in verhältnismäßig engen Grenzen schwankt, so kann diese Zahl als allgemein gültiger Mittelwert angenommen werden. Dagegen ist der Wassergehalt großen Schwankungen unterworfen (pag. 557). Um den Heizwert zu bestimmen, muß daher der Wassergehalt (W) des Holzes bekannt sein und genügt dann für praktische Zwecke die Formel

$$\frac{4500 \times (100 - W) - 600\, W}{100}$$

Wäre der Wassergehalt des lufttrockenen Holzes z. B. 12 %, so beträgt der Heizwert

$$\frac{4500 \times (100 - 12) - 600 \times 12}{100} = 3888$$

Kalorien. Diese Zahl bezieht sich auf 1 kg. Das Holz wird aber nicht nach Gewicht, sondern nach Volumen (Raummeter) verkauft. Eine einfache Relation zwischen Gewicht und Volumen des in Stößen aufgeschichteten Holzes besteht nicht. Das Gewicht eines Raummeters schwankt je nach der Holzart, dem Holzsortimente, nach der Art des Aufschichtens und dem Trockenheitsgrade des Holzes in weiten Grenzen. Wäre z. B. der Derbgehalt eines Raummeters Fichtenscheitholz 70 % und das Gewicht eines Festmeters 470 kg, so wiegt ein Raummeter 329 kg.

Beträgt der Wassergehalt 15 %, so stellt sich der Heizwert des Raummeters auf

$$\frac{4500 \times (100 - 15) - 600 \times 15}{100} 329 = 1{,}228.815$$

Kalorien. Sollte der Heizwert dieses Holzes in Vergleich gebracht werden mit einer Braunkohle von 3750 Kalorien, so ergibt sich, daß 1 Raummeter $\frac{1\,228.815}{3750} = 327{,}7$ kg Braunkohle entspricht.

Das Holz kann wohl nur in seltenen Fällen als Heizmaterial mit der Mineralkohle in Konkurrenz treten. Es ist dies nur dort möglich, wo das Holz sehr billig und die Mineralkohle teuer zu stehen kommt oder gar nicht zu beschaffen ist. Auch in solchen Industriezweigen, wo früher nur ausschließlich Holz verwendet wurde, und die Mineralkohlen ihres Gehaltes an Asche, die als Flugasche zum Teile fortgeführt wird, ihrer leichten Rauch- und Rußentwicklung und ihres Schwefelgehaltes wegen nicht unmittelbar zu gebrauchen sind, wie z. B. in der Glas- und Porzellanfabrikation, ist durch die Einführung der Gasfeuerung das Holz, wenn auch nicht überall, so doch in den meisten Fällen verdrängt worden. Am häufigsten wird das Holz noch in Haushaltungen als Brennstoff benützt, wo es der großen Reinlichkeit, der leichten Entzündbarkeit und der rauchlosen Verbrennung wegen, trotz des höheren Preises, der Mineralkohle vorzuziehen ist. Für industrielle Zwecke kommen zumeist nur die Holzabfälle in Verwendung, welche mit Rücksicht auf ihre Beschaffenheit auf besonders konstruierten Feuerungsanlagen (Treppenrosten) verbrannt werden.

Holz gibt eine lange, nicht rußende Flamme. Der pyrometrische Effekt ist gering. Der Harzgehalt der Nadelhölzer erhöht die leichte Entzündbarkeit und Langflammigkeit.

Das Flößen übt auf den Heizwert keinen Einfluß aus, vorausgesetzt, daß das Holz wieder lufttrocken geworden ist. Im Wasser liegend nimmt das Holz zwar sehr viel Feuchtigkeit auf (pag. 557), es werden dadurch jedoch nur die Saftbestandteile und auch diese nur teilweise ausgelaugt, während das Holzskelett, welches den Heizwert hauptsächlich bedingt, unverändert bleibt.

Zum beiläufigen Vergleiche des Heizwertes von Holz und den fossilen Brennmaterialien können folgende Zahlen dienen [1]):

	Heizwert in Kalorien
Holz, lufttrocken	3500—4000
Jüngerer Torf	2500—4000
Aelterer Torf	3000—4800
Lignit	2500—4000
Gemeine Braunkohle	3000—4500
Aelteste Braunkohle (Glanzkohle)	4500—6000
Fette Steinkohle	5000—7000
Magere Steinkohle	6000—7500
Anthrazit	7500—8000

VI. Die Pottasche-Erzeugung.

§ 42. Bis vor etwa 40 Jahren war die Asche des Holzes und einiger anderer Pflanzen das alleinige Material für die Herstellung der Pottasche und aller übrigen Kalisalze. Gegenwärtig wird Pottasche aus allen drei Naturreichen gewonnen, und zwar:

1. Aus dem Mineralreiche, wo die Staßfurter Abraumsalze, das Kaliumsulfat und Chlorid, das Material hierzu abgeben.

2. Aus dem Pflanzenreiche, die Melasseasche (als Einäscherungsrückstand von der Schlämpe der Melassespiritusbrennereien) und die Holzasche.

3. Aus dem Tierreiche, die Schafschweißasche aus der Schafwollwäscherei.

Die größte Menge der Pottasche wird derzeit aus den Staßfurter Abraumsalzen und aus der Melasseasche gewonnen, während die anderen Materialien eine mehr untergeordnete Rolle spielen.

Das sogenannte Aschenbrennen ist zwar die geringste, in manchen Gegenden aber doch nur einzig mögliche Art der Verwertung des Holzes. Im größeren Maßstabe wird Holzpottasche in Ungarn, Siebenbürgen, Galizien und Bukowina, Rußland, auf Kanada und in den Vereinigten Staaten von Nordamerika erzeugt.

Die Darstellung der Pottasche aus Holz ist sehr einfach und umfaßt folgende Prozeduren:

1. Das Veraschen des Holzes.
2. Das Auslaugen der Asche.
3. Das Versieden der Lauge.
4. Das Kalzinieren der Rohpottasche.

Zum Veraschen werden vorzugsweise moderige, gipfeldürre, kernschälige oder überhaupt kranke abständige Stämme benutzt. In manchen Lokalitäten muß wohl auch gesundes Holz mit verwendet werden, wenn eine bessere Verwertung nicht zu finden ist. Das Aschenbrennen wird in verschiedener Weise ausgeführt. Auf der Herrschaft Munkács werden nur hohle, moderig gewordene Buchenstämme verascht. Der noch stehende Stamm wird angehauen und in der Oeffnung ein Feuer angemacht. Der Moder und die innere Holzpartie brennen allmählich aus, wobei sich die Asche am Fuße, innerhalb des Stammes, ansammelt.

1) Ausführlicheres hierüber F. Schwackhöfer, „Heizwert der Kohlen". III. Auflage. Wien, Gerold 1912.

Dieselbe wird von Zeit zu Zeit ausgenommen und das Feuer, wenn nötig, erneuert. Auf solche Art wird die Asche sehr rein erhalten und ist gegen Wind und Regen geschützt.

In den griech.-orient. Religionsfondforsten der Bukowina verascht man nur gefälltes Holz. Zu diesem Behufe wird der liegende Stamm entweder der ganzen Länge nach oder auch nur in gewissen Abständen mit einer 12—15 cm tiefen und 30 cm breiten Kerbe versehen, welche als Feuerherd dient. Bei einem morschen Stamme genügt eine Feuerstelle am Stockende; gesunde Stämme müssen jedoch mehrere Feuerstellen (gewöhnlich von 6 zu 6 m Entfernung) erhalten. Der Stamm brennt niemals vollständig aus, sondern es bleiben mindestens Splint und Rinde, nicht selten aber auch größere, gesunde Holzpartien zurück. Dieser Rückstand wird zerkleinert, zu einem Stoß aufgeschichtet und verbrannt. In gleicher Weise werden auch die Aeste aufgearbeitet. Die Asche wird in Butten gesammelt und in sogen. „Koliba" bis zur Abfuhr in die Pottaschehütte aufbewahrt. Die Koliba sind einfache Erdgruben, welche mit Bretterschwarten ausgelegt und eingedeckt werden. Ringsum wird ein Graben gezogen, um das Tagwasser abzuhalten.

Ueber die Aschenmenge und den Kaligehalt der Holzasche gibt die auf pag. 560 angeführte Tabelle Aufschluß. Dabei ist jedoch zu bemerken, daß sich diese Zahlen auf Reinasche beziehen. Die Rohasche enthält aber auch noch kohlige Teile, Kohlensäure und erdige Verunreinigungen. 100 Teile Rohasche entsprechen durchschnittlich 75 Teilen Reinasche. Es sind daher alle in dieser Tabelle enthaltenen Zahlen bei der Umrechnung auf Rohasche mit dem Faktor 0,75 zu multiplizieren.

Die erste Manipulation in der Hütte ist das Auslaugen. Die Auslauggefäße (Aescher genannt) sind nach unten verjüngte Bottiche, welche einen Doppelboden besitzen. Der untere Boden ist voll, der obere gelocht. Im Zwischenraum ist eine Holzpippe eingesetzt zum Ablassen der Lauge. Auf den Siebboden kommt eine Lage Stroh oder Reisig und darauf die mit Wasser benetzte Holzasche, welche möglichst dicht eingetreten wird. Ein Aescher faßt bis zu $^2/_3$ seiner Höhe 120—130 kg Rohasche, welche mit 150—200 Liter Wasser übergossen wird. Um das Wasser gleichmäßig über die ganze Oberfläche zu verteilen, wird die Asche mit einer Schichte Reisig überdeckt. Das Wasser durchdringt die Asche und nimmt die löslichen Salze auf. Nach 4—5 Stunden wird die erste Lauge abgelassen, neuerlich Wasser aufgegossen und so weiter fortgefahren, bis die ablaufende Flüssigkeit nur mehr sehr schwach alkalisch reagiert und am Aräometer nahezu Null zeigt. Je nach der Beschaffenheit der Rohasche sind 4—5 Aufgüsse erforderlich. Die erste Lauge ist die konzentrierteste, die später nachkommenden werden immer schwächer und die letzte ist schon so verdünnt, daß sie das Eindampfen kaum verlohnt. Viel zweckmäßiger ist die systematische Auslaugung nach Art des Batteriebetriebes. Fünf Aescher werden terrassenförmig übereinander gestellt und mit Asche beschickt. Auf den ersten obersten Aescher wird Wasser gegossen. Nach 3—4 Stunden wird die Lauge auf den zweiten Aescher abgelassen und der erste neuerlich mit Wasser gefüllt. Nach weiteren 3—4 Stunden wird die Lauge von 2 auf 3, von 1 auf 2 abgelassen und 1 wieder mit Wasser gefüllt. In dieser Weise wird fortgefahren, bis die konzentrierte Lauge bei 5 zum Abzug gelangt. Der Inhalt des Aeschers 1 hat inzwischen 5 Wasseraufgüsse erhalten, ist bereits vollständig ausgelaugt und wird entleert. Der Wasserzulauf wird jetzt auf 2 gestellt und 1 mit frischer Rohasche beschickt. Die Lauge geht von 2 auf 3, von 3 auf 4, von 4 auf 5, fließt von 5 in ein Reservoir, wird von hier auf 1 gepumpt und nach 3—4stündiger Einwirkung als konzentrierte Lauge von 1 abgezogen. Der weitere Verlauf der Arbeit ergibt sich aus dem Gesagten von selbst.

Mit warmem Wasser gelingt die Auslaugung schneller als mit kaltem. Im Winter muß das Wasser unter allen Umständen angewärmt werden.

Der nach vollständigem Auslaugen in den Aeschern verbleibende Rückstand (Aescherich genannt) besteht vorwiegend aus Calciumkarbonat und Phosphat (ca. 8% P_2O_5 in der Trockensubstanz) und kann als Düngemittel verwendet werden. Wenn man auf eine weitere Verfrachtung reflektiert, so müssen diese Rückstände an der Luft getrocknet werden, da dieselben sehr viel (50—60%) Wasser enthalten.

Zum Abdampfen oder Versieden der Lauge sind gewöhnlich zwei Arten von eisernen Pfannen vorhanden; die Vorwärmer und die eigentlichen Verdampfpfannen. Erstere sind flach und in der Regel auf dem Kalzinierofen angebracht. Letztere sind entweder ebenfalls flach oder schalenförmig vertieft und besitzen eine eigene Feuerung. Die frische Lauge kommt zuerst in die Vorwärmer und fließt von hier aus in einem dünnen Strahl auf die Verdampfpfannen.

Das Eindampfen wird unter Zufluß von vorgewärmter Lauge so lange fortgesetzt, bis eine herausgenommene Probe beim Erkalten erstarrt. Ist dieser Punkt erreicht, so wird der weitere Zufluß der Lauge abgestellt und das Feuer unterbrochen. Beim Abkühlen scheiden sich an den Wanden der Pfanne Salzkrusten ab, welche allmählich stärker werden, bis endlich die Masse erstarrt. Diese Krusten werden mit Hammer und Meisel losgeschlagen. Das so erhaltene Produkt heißt „Fluß" oder ausgeschlagene Pottasche. Es ist dunkelgraubraun bis grauschwarz gefärbt und enthält 10—15% Wasser.

Diese Methode des Versiedens hat den Nachteil, daß die Pfannen durch das Losmeißeln der Salzkrusten sehr stark in Anspruch genommen werden und oftmaligen Reparaturen unterliegen.

Zweckmäßiger wird in der Weise vorgegangen, daß man, sobald die Ausscheidung beginnt, das Feuer mäßigt und die Lauge ununterbrochen rührt. Nach vollständigem Abdampfen hinterbleibt in der Pfanne die rohe Pottasche als lockere, krümliche Masse, welche nach dem Abkühlen der Pfanne ausgeschaufelt wird. Dieses Produkt heißt „g e r ü h r t e P o t t a s c h e“, ist schwarzbraun gefärbt und enthält noch 6—10% Wasser. Für das erstere Verfahren sind schalenförmige und für das letztere flache Pfannen notwendig.

Die letzte Operation ist das K a l z i n i e r e n. Es bezweckt die vollständige Entwässerung und das Weißbrennen der Pottasche. Die Vorrichtung hierfür ist ein Flammofen mit einem oder zwei Feuerherden. Der Kalzinierraum ist aus feuerfestem Material hergestellt und überwölbt. Das Gewölbe darf von der Sohle, worauf die Pottasche zu liegen kommt, nicht mehr als $^3/_4$ m abstehen, damit die Flamme niedergehalten wird und die Pottasche bestreicht.

Zuerst wird der Ofen so lange geheizt, bis der Kalzinierraum glühend geworden ist, sodann die rohe Pottasche eingeworfen und auf der etwas vertieften Sohle ausgebreitet. Beim Kalzinieren muß die Pottasche mit einer eisernen Krücke oftmals durchgerührt und gewendet werden, damit immer neue Teile an die Oberfläche gelangen. Die Temperatur darf anfangs nur mäßig sein und wird allmählich bis zur hellen Rotglut gesteigert. Ein Schmelzen der Pottasche darf dabei nicht eintreten, weil sonst die kohligen Teile eingeschlossen und an der Verbrennung gehindert werden. Beim Schmelzen wird auch die Herdsohle stark angegriffen und die Pottasche kieselsäurehaltig. Nach Verlauf von 2—3 Stunden ist die Masse weiß gebrannt. Um sich von der Gahre zu überzeugen, werden einige Stücke ausgezogen und nach dem Erkalten zerschlagen. Erscheinen dieselben bis in das Innere weiß, so ist genügend geglüht. Die Pottasche wird nun ausgezogen, erkalten gelassen und sodann ohne Verzug in Fässern eingestampft. Bleibt dieselbe lange an der Luft liegen, so zieht sie Feuchtigkeit an, backt zu Klumpen zusammen und wird endlich ganz zerfließlich. Beim Kalzinieren ergibt sich je nach der Qualität der Rohpottasche ein Gewichtsverlust von 10—20 Prozent.

Die kalzinierte Pottasche ist eine krümelig-blasige, zusammengesinterte Masse. Die Farbe ist selten rein weiß, sondern besitzt meist einen Stich ins graue (von sehr feinen Kohleteilchen). Zuweilen erscheint sie rötlich (durch Eisenoxyd), bläulich oder grünlich (durch Kaliummanganat). Sie schmeckt laugenhaft, ist stark hygroskopisch, in Wasser leicht löslich, im Alkohol hingegen unlöslich. Kalzinierte wasserfreie Pottasche enthält:

80—85 % Kaliumkarbonat K_2CO_3
6— 9 % Natriumkarbonat Na_2CO_3
6— 9 % Kaliumsulfat K_2SO_4
0,5— 4 % Kaliumchlorid KCl

nebst geringen Mengen von Eisenoxyd, Tonerde, Manganverbindungen, Magnesia und Kieselsäure (resp. Alkalisilikate).

Durch fraktionierte Kristallisation kann man die Salze voneinander trennen, und das Kaliumkarbonat fast rein erhalten; das ist aber eine komplizierte Prozedur, welche sich nur für chemische Fabriken verlohnt. Auch ist die Pottasche von obiger Zusammensetzung für die meisten Zwecke ohne weiteres geeignet.

Die Verwendung der Pottasche war in früherer Zeit viel ausgedehnter und vielseitiger. Gegenwärtig ist dieselbe durch die weit billigere Soda zum größten Teil verdrängt. Nur in einigen Industriezweigen kann man die Pottasche nicht entbehren; es ist dies namentlich der Fall bei der Fabrikation des Kristallglases und der schwer schmelzbaren Glassätze überhaupt, der Schmierseife, des Blutlaugensalzes und diverser chemischer Präparate.

VII. Die Harze, deren Gewinnung und Verarbeitung[1]).

1. Vorkommen, Entstehung und allgemeine Charakteristik der Harze.

§ 43. Die Harze gehören zu den am meisten verbreiteten Pflanzenbestandteilen und finden sich in allen Organen mit Ausnahme des Cambiums. Sie bilden

1) Literatur über Harze: Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches, Wien 1900; Tschirch, Die Harze und Harzbehälter, Leipzig 1906; Mayr, Das Harz der Nadelhölzer, Berlin 1894; Andés, Die Harzprodukte, Wien-Leipzig 1905; Schweizer, Die Destillation der Harze, Wien-Leipzig 1905; Dammer, Chem. Technologie der Neuzeit, Stuttgart 1911, u. a.

entweder einen Teil der Zellwand oder des Zellinhaltes; zumeist sind sie jedoch in eigenen interzellularen Sekretbehältern (Harzgängen) angesammelt. Dieselben sind in den Rinden aller Abietineen, nicht selten aber auch im Holze selbst vorhanden.

Nach den Untersuchungen von Mayr wird das Harz aus den oberen Teilen des Baumes allmählich nach unten geleitet. Der harzreichste Teil ist das Wurzelholz, sodann folgt die untere Partie des Stammes bis zu etwa 2 m über dem Boden, weiter das Astholz, dann der bekronte Teil des Stammes, der astlose Gipfel und endlich die Rinde. Warmer, sonniger Standort erhöht den Harzertrag. Die Harzmenge nimmt mit dem Alter des Baumes zu.

Ueber die Art und Weise, wie die Harzbildung erfolgt, sind die Ansichten geteilt. Nach Wiesner, Karsten und anderen sind die Harze Produkte der rückschreitenden Stoffmetamorphose und entstehen entweder direkt oder durch intermediäre Bildung von Gerbstoff aus der Zellulose oder aus Stärke. Nach neueren Forschungen von Tschirch ist jedoch die Harzbildung kein pathologischer, sondern ein physiologischer Prozeß, welcher in einer bestimmten Partie der Zellwand erfolgt, die sich als Schleimschichte entwickelt. Diese Schleimmembran sondert Oel, bezw. Harz ab. Als Zwischenprodukt wird Phloroglucin angesehen. Daß die harzbildende Schichte unter Umständen teilweise oder auch ganz resorbiert wird, soll nach Tschirch mit der Sekretbildung selbst nicht zusammenhängen.

Außer in normalen Pflanzengeweben entsteht Harz auch in nicht normalen Gebilden, welche durch Verwundungen hervorgerufen werden, wie die Narbengewebe der Coniferen oder die mit Harz erfüllten Kernholzrisse bei der Lärche oder die sogenannten Harzgallen, d. h. abnormale, flache Harzbehälter im Nadelholze, welche durch eine Art von innerer Verletzung (hervorgerufen durch Druckdifferenzen im Splintgewebe) zustande kommen.

Die Harzbehälter münden nirgends frei nach außen und es kann daher auch ein spontaner Harzausfluß nicht erfolgen. Jeder Harzaustritt ist ein pathologischer Vorgang. Unter natürlichen Bedingungen ist der Ausfluß aber stets nur gering und hat seinen Grund in dem Vertrocknen der äußeren, der Luft ausgesetzten Gewebsschichte. Werden hingegen Verwundungen angebracht, wie dies bei der Harznutzung geschieht, die Rinde stellenweise abgeschält oder der Stamm angebohrt, so vermehrt sich der Harzausfluß sehr bedeutend.

Da die Harzgänge außerordentlich feine Kapillarräume sind und das Harz sehr zähflüssig ist, so kann ein freiwilliges Ausfließen infolge der Schwere niemals stattfinden und ist vielmehr ein bedeutender Druck notwendig, um das Harz auszupressen. Dieser Druck geht von den umliegenden Saftgeweben (Splint) aus und pflanzt sich im Baume fort, so daß das Harz auch aus entfernteren Partien in den Kanälen bis zur Ausflußstelle geleitet wird.

Das austretende Harz besitzt entweder Tropfenform oder es ist zu unförmigen Knollen oder stalaktitischen Gestalten vereinigt. Charakteristisch ist die zuerst von Wiesner beobachtete, mikroskopische Oberflächenbeschaffenheit. Beim Festwerden schrumpft das Harz ein, wodurch die Oberfläche ein feinkörniges, chagriniertes Aussehen annimmt. Bei längerem Liegen an der Luft verwittert das Harz und zeigt sodann an der Oberfläche Spalten und Rißlinien.

Die Grundsubstanz der Harze ist immer amorph; häufig sind jedoch kristallinische Einschlüsse in derselben vorhanden. Im gemeinen Coniferenharz sind so viele Kristalle von Abietinsäure ausgeschieden, daß die ganze Masse trüb erscheint.

Die meisten Harze sind gelb bis braun gefärbt, glasartig glänzend, durchsichtig bis durchscheinend, oder auch ganz undurchsichtig. Nur einzelne Harze sind farblos oder zeigen verschiedene Nuancen von rot, grün bis schwarz. Bei längerem Aufbewahren dunkeln alle Harze nach. Viele derselben besitzen einen sehr angenehmen, aromatischen Geruch (Coniferenharz), einige sind geruchlos (Copale), andere hingegen riechen höchst widerlich (Asa foetida). Der Geschmack ist zumeist bitter. Die harten Harze sind spröde, brechen glasartig oder muschelig; ihre Härte liegt

zwischen Steinsalz und Gips; andere sind weich bis zähflüssig. Bei längerem Liegen an der Luft gehen die Weichharze in Hartharze über.

Der Schmelzpunkt der festen Harze ist sehr verschieden; Siambenzoe schmilzt schon bei 73 °, die harten Copale hingegen erst über 300 ° Cels. Die Dichte der Harze ist nahe an 1 (Ausnahmen von 0,9 bis 1,3).

Die Harze sind keine chemischen Individuen, sondern Gemenge von meist sehr komplizierter Zusammensetzung. Man hat zunächst zu unterscheiden: den eigentlichen Harzkörper und die akzessorischen Bestandteile oder Begleitsubstanzen.

Den eigentlichen Harzkörper bilden:

Resine, Resinotannole, Resinole, Resinolsäuren und Resene. In keinem Harz sind alle diese Substanzen enthalten, bald herrscht die eine, bald die andere vor oder fehlt auch gänzlich.

Resine sind esterartige Verbindungen der Harzalkohole. In den Harzen kommen sowohl flüssige als auch feste Ester (d. h. zusammengesetzte Aether) vor.

Resinotannole und Resinole sind Harzalkohole, von denen die ersteren gefärbt erscheinen und die Gerbstoffreaktion geben, während dies bei letzteren nicht der Fall ist. Sie gehören sämtlich der aromatischen Reihe an.

Resinolsäuren (Harzsäuren) sind Oxysäuren, welche teils im freien Zustande. teils als Ester vorhanden sind und den Hauptbestandteil vieler Harze bilden. Hierher gehören: Abietinsäure, Pimarsäure, Zimmtsäure, Benzoësäure und mehrere andere. Die beiden letztgenannten sind charakteristisch für eine ganze Gruppe von Harzen (Perubalsam, Tolubalsam, Storax, Benzoë, Drachenblut und Xanthorrhoëaharz), während sie in einer anderen Gruppe (Terpentin und gemeines Harz, Mekkabalsam, Copaïvabalsam, Gurjunbalsam, Elemi, Mastix, Sandarak, Dammar, Copal, Guajakharz und Gummilack) fehlen (Wiesner).

Besonders hervorzuheben ist die Abietinsäure, als Hauptbestandteil der Coniferenharze. Die Abientinsäure-($C_{19}H_{28}O_2$) bildet im reinen Zustande farblose, wetzsteinförmige Kristalle von verschiedener Größe, bis zu 0,22 mm. Sie ist unlöslich in Wasser, dagegen leicht löslich in Alkohol, Aether, Aceton, Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Benzol, Eisessig und in alkalischen Flüssigkeiten. Ihr Schmelzpunkt liegt bei 153—154° Cels. Sie lenkt die Polarisationsebene nach links ab, (α) D = —66,7. Mit der Pimarsäure, mit welcher sie früher oft verwechselt wurde, hat sie nichts gemein.

Die Pimarsäure, welche neben der vorgenannten in vielen Harzen vorkommt, ist ein Gemenge von 3 isomeren Säuren ($C_{20}H_{30}O_2$).

	Schmelzpunkt ° C	Pol. [α] D
Dextro-Pimarsäure	210—211	+72,5
Lävo-Pimarsäure	140—150	—272
Silvinsäure	161—162	—53

Als Resene bezeichnet Tschirch gewisse Harzbestandteile, welche noch nicht näher studiert sind, sich sehr widerstandsfähig erweisen und wahrscheinlich der aromatischen Reihe angehören dürften.

Begleitsubstanzen der eigentlichen Harze sind: ätherische Oele, Gummi, Gerbstoff, Bitterstoffe, Farbstoffe und diverse mechanische Verunreinigungen.

Besonders wichtig sind die beiden erstgenannten. Harze, welche größere Mengen ätherisches Oel, speziell Terpentinöl, enthalten, werden Terpentine genannt. Es gibt flüssige, halbweiche und feste Terpentine. Erstere heißen Balsame, die beiden letzteren gemeines Harz. Die feinen Balsame sind honigdick, klar, farblos oder blaßgelb bis braun gefärbt. Ist eine schwache Trübung vorhanden, so rührt dieselbe nur von eingeschlossenen Luftbläschen oder Wassertropfen her und verschwindet, wenn man den Balsam in dünner Schichte stehen läßt oder schwach erwärmt. Die ordinären Balsame hingegen sind immer mehr oder minder getrübt, von ausgeschiedenen Kristallen der Abietinsäure, und lassen sich durch Erwärmen nicht klären, sondern werden im Gegenteil noch trüber. Sie bilden den Uebergang zum gemeinen halbweichen Harz.

Der feinste Terpentin ist der von Abies balsamea abstammende Kanadabalsam. Er ist vollkommen klar, im frischen Zustande farblos und wird bei längerer Aufbewahrung hellgelb, besitzt ein starkes Lichtbrechungsvermögen und wird hauptsächlich für optische Zwecke verwendet. Er hat einen aromatischen Geschmack. In

absolutem Alkohol ist er nur teilweise löslich. Zu den feinen Terpentinen zählen ferner auch das Lärchenharz oder venetianischer Terpentin und das Tannenharz oder Straßburger Terpentin. Die übrigen Coniferenharze gehören zum gemeinen Harz.

Die Gummiharze (Gummigutt, Asa foetida, Galbanum und Ammoniakgummi) sind durch ihren Gehalt an Gummi charakterisiert, welches durchschnittlich in einer Menge von 12 bis 25% darin vertreten ist.

Die Harze sind durchwegs kohlenstoffreich, sauerstoffarm und frei von Stickstoff. In Wasser sind sie unlöslich, dagegen lösen sich die meisten in Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl, Benzol, Petroleum usw. Von Gummiharzen lösen die genannten Mittel nur das Harz, während das Gummi ungelöst bleibt. Chloralhydrat löst jedoch beide Substanzen. In konzentrierter Schwefelsäure lösen sich viele Harze ohne Zersetzung und werden auf Zusatz von Wasser unverändert gefällt.

Gegen schmelzendes Kalihydrat erweisen sich manche Harze sehr widerstandsfähig, während andere energisch oxydiert werden, wobei regelmäßig die gleichen Produkte, nämlich: Protocatechusäure, Paraoxybenzoesäure, Phloroglucin und Resorcin entstehen (Hlasiwetz).

Die Verbindungen mit Metalloxyden werden Resinate genannt. Die Alkaliresinate sind in Wasser löslich, bilden starken Schaum und werden Harzseifen genannt. Von den gewöhnlichen Fettsäureseifen unterscheiden sie sich dadurch, daß ihre Lösungen beim Konzentrieren keinen Seifenleim liefern und auf Zusatz von Kochsalz keine Seife ausscheiden. Die Harzseifen der alkalischen Erden sind in Wasser schwer löslich, jene der Schwermetalle unlöslich. Durch Säurezusatz werden alle Harzseifen zerlegt, wobei sich das Harz ausscheidet.

Die Verseifungsfähigkeit der verschiedenen Harze ist eine sehr ungleiche, bei ein und demselben Harz aber innerhalb gewisser Grenzen konstant und kann daher neben anderen Merkmalen zur Bestimmung der Reinheit dieser Produkte verwendet werden.

Unter Verseifungszahl versteht man Milligramme Kali, welche 1 g Harz beim Kochen mit überschüssiger alkoholischer Kalilauge bindet.

Die Säurezahl sind Milligramme Kali, welche zur Sättigung von 1 g Harz in alkoholischer Lösung beansprucht werden.

Die Esterzahl ist die Differenz zwischen Verseifungs- und Säurezahl.

2. Harzgewinnung.

§ 44. a. Allgemeines. Trotz der außerordentlich weiten Verbreitung der Harze ist die Zahl der Pflanzen, bei denen die Harznutzung verlohnt, doch nur eine beschränkte. Unter den in Europa einheimischen Waldbäumen sind es folgende: Die Schwarzföhre (Pinus Laricio), die Strandkiefer (Pinus maritima oder P. Pinaster), die Fichte (Picea excelsa) und die Lärche (Larix europaea).

Von untergeordneter Bedeutung sind die harzreicheren Spielarten der Tanne (Abies pectinata) und die Kiefer (Weißföhre) (Pinus silvestris), ferner die Krumholzkiefer (Pinus pumilio) und die Zirbelkiefer (Pinus cembra).

Im größten Maßstabe wird die Harzung bei der Schwarzföhre und Strandkiefer betrieben, welche unter den Vorgenannten auch die größte Harzergiebigkeit aufweisen.

Viel Harz (bezw. Kolophonium) wird aus Nord- und Südamerika importiert und macht der einheimischen Produktion ganz gewaltige Konkurrenz. Das meiste amerikanische Harz wird aus Pinus australis und Pinus taeda gewonnen, neben denen noch eine Anzahl anderer Bäume zur Harznutzung herangezogen wird. Unter diesen verdient besondere Erwähnung Abies balsamea, welche das feinste Harz liefert. Von den asiatischen Harzbäumen sind vor allem Pinus Merkusii und Pinus Khasiana wegen ihres Harzreichtums zu nennen.

Die verschiedenen anderen Harze, welche ebenfalls importiert werden und teils technische, teils medizinische Verwendung finden, sind für den vorliegenden Zweck insofern bedeutungslos, als sie durchweg von außereuropäischen Pflanzen abstammen und mit den in Europa gewonnenen Harzen nicht in Konkurrenz treten.

Die Gewinnungsmethode ist verschieden, je nachdem die Hauptmenge des Harzes im Splint und in der Rinde oder in Hohlräumen des Kernholzes sich befindet. Im wesentlichen können folgende Methoden unterschieden werden:

1. Das stellenweise Abnehmen der Rinde (das sogen. Lachtenreißen), und zwar a) das Aufsammeln des ausfließenden Harzes in einer napfförmigen Vertiefung am untern Ende der Lachte (Schwarzföhrenharzung oder österr. Methode). b) Aufsammlung des Harzes in der Nähe der Ausflußstelle, mittelst angehängter Gefäße (Strandkieferharzung oder französische Methode). c) Erhärtenlassen und Abscharren des Harzes aus der Lachte (Fichtenharzung).
2. Das Anbohren des Stammes nahe über dem Boden (Lärchenharzung).
3. Anschneiden der Harzbeulen in der Rinde (Tannenharzung).
4. Einfaches Aufsammeln des abtropfenden Harzes.

§ 45. b) Schwarzföhren-Harzung. Die Schwarzföhre wird vorzugsweise in Niederösterreich, u. zw. in der Umgegend von Mödling, Baden, Wiener-Neustadt, Pottenstein, Pernitz, Hernstein etc., ferner auch in Frankreich und auf Korsika zur Harzgewinnung benützt. Der Vorgang dabei ist folgender: Die erste Arbeit ist die Herstellung des Grandels, d. i. einer napfförmigen Vertiefung an der Südseite des Stammes, ungefähr $^1/_3$ m über dem Boden, zum Aufsammeln des später abfließenden Harzes. Das Grandel umfaßt etwa $^1/_4$ bis $^1/_3$ des Stammes und hat eine Tiefe von 7 bis 8 cm. Diese Arbeit heißt das Schroten. Zu beiden Seiten des Grandels wird eine in schräger Richtung aufsteigende Einkerbung gemacht, woran sich die Lachte (auch Lache, Lasche oder Plätzstreifen genannt) schließt. Diese letztere wird durch Abdechseln der Rinde und des jüngsten 2—4jährigen Holzes hergestellt. Ein tieferer Eingriff wäre zwecklos, weil das Harz nur aus dem Splinte und der Rinde ausfließt, aus dem Kernholze aber niemals. Das Dechsel ist eine kleine gebogene Hacke mit einer 6 cm breiten Schneide, welche zum Stiel rechtwinkelig steht. Anfänglich wird die Lachte nur wenige Zentimeter hoch gemacht und dann allmählich nach aufwärts verlängert, so daß sie nach einer Jahresperiode die Höhe von 35 bis 40 cm erreicht hat. Das allmähliche Verlängern der Lachte nennt man das Plätzen. Es hat den Zweck, die Harzkanäle offen zu halten. Im ersten Jahre wird alle 8 Tage, in den späteren Jahren alle 4—5 Tage einmal geplätzt. Wird diese Arbeit in längeren Zwischenpausen vorgenommen, so ist der Ertrag geringer, weil sich das Harz an der Ausflußstelle verdickt und Krusten bildet, welche den weiteren Harzaustritt verhindern. In dieser Weise wird etwa 8—12 Jahre hindurch fortgefahren und die Lachte von Jahr zu Jahr um 35—40 cm erhöht. Die Breite derselben bleibt aber immer gleich und darf $^2/_3$ des Stammumfanges nicht übersteigen. Die Harzungsarbeit (das Plätzen) wird in der zweiten Hälfte April begonnen und bis Anfang oder Mitte Oktober fortgesetzt. Im ersten Jahre, wo die Lachte noch keine beträchtliche Höhe erreicht hat, fließt das meiste Harz in das Grandel ab (Rinnharz), auf der Lachte bleibt nur wenig. Später hingegen, wenn das Harz einen längeren Weg zurückzulegen hat, verdunstet viel Terpentinöl, das Harz verdickt sich, bleibt zum großen Teil auf der Lachte sitzen und muß abgescharrt werden (Scharrharz). Um die Verdunstungsoberfläche zu verringern, läßt man das Harz nicht über die ganze Breite der Lachte herabfließen, sondern leitet dasselbe in der Nähe der Ausflußstelle so zusammen, daß es in Form eines schmalen Streifens in das Grandel abfließt. Zu diesem Zwecke werden von beiden Seiten schräg gegen die Mitte der Lachte zulaufende Einhiebe (sog. Klaffen) gemacht und Holzspäne (sogen. Scharten, Vorlegscheiter oder Leitspäne) eingesteckt, welche dem ausfließenden Harze die gewünschte Richtung geben. Alle 14 Tage wird das Harz aus den Grandeln ausgeschöpft und in Bottichen, welche am Harzungsorte in den Boden vertieft sind, bis zur Weiterverwendung aufbewahrt. Der auf der Lachte festgewordene Teil des Harzes wird im Herbste mit einem gekrümmten Eisen abgescharrt. Zur Harzung sollen die Bäume erst 10—20 Jahre vor dem Abtrieb, also im 60.—80., keinesfalls aber vor dem 40. Lebensjahre herangezogen werden.

Stärkere Stämme werden nicht selten von zwei Seiten geharzt. Nachdem die Lachte auf der einen Seite eine Höhe von 4 bis 5 m erreicht hat, wird sie aufgelassen und an der entgegengesetzten Seite eine neue Lachte gemacht, so daß nur zwei ganz schmale Rindenstreifen zwischen beiden Lachten stehen bleiben.

Ueber Harzertrag, Kosten der Harzung etc. hat k. k. Oberforstrat W. Stöger, in dem Werke „Geschichte der österr. Land- und Forstwirtschaft“, 1899 sehr wertvolle Angaben gemacht, aus welchen nachstehendes im Auszuge entnommen ist.

Auf den Harzertrag nehmen Einfluß: der Boden, die Jahreswitterung, die Stärke des Stammes, die Zeit und Dauer der Harzung, sowie die Geschicklichkeit der Arbeiter.

Der Ertrag eines Stammes nimmt um so mehr ab:

1. je seichter, trockener und durchlässiger der Boden ist,
2. je rauher das Klima ist,
3. je geringer die Stammstärke und Benadelung und je dichter der Bestandesschluß ist.

Der Harzertrag ist Ende Juni am höchsten und nimmt dann stetig ab bis gegen Ende des Sommers. In den ersten 2 oder 3 Jahren, sowie auch gegen Schluß der Harzungsperiode ist der Ertrag geringer. Bei den stärkeren Stämmen wird im 7. bis 9., bei den schwächeren im 4. bis 6. Jahre der Höchstertrag erreicht. Auch die Qualität des Harzes ist in den ersten Jahren geringer als später. Die Harzungsperiode geht selten unter 8 Jahre herab und steigt in der Regel nicht über 12 bis 15 Jahre. Das Plätzen darf weder bei andauernder Sommerhitze, noch auch bei zu niederer Temperatur vorgenommen werden; beides ist nachteilig für den Harzertrag und es kann selbst der Stamm eingehen; günstig für den Ertrag sind Wärme mit abwechselnder Feuchtigkeit, freier, sonniger Standort, Süd- und Ostlagen. Kennzeichen eines ertragreichen Stammes ist eine gelbrote Farbe des Plätzstreifens.

Die im harzungsfähigen Alter stehenden Stämme werden nach Stöger in 2 Klassen geschieden: I. Klasse über 30 cm, II. Klasse von 25 bis 30 cm Brustjahresdurchmesser. Der Harzertrag in kg per Stamm und Jahr stellt sich während einer 10 jährigen Periode:

	bei der	
	I. Kl.	II. Kl.
auf Konglomerat	4,3—4,9	2,4—2,8
„ Dolomit	3,3—4,2	1,4—2,6
„ Hallstädter Kalk	2,6—3,7	1,5—2,2

Das gewonnene Harz scheidet sich in Rinnharz und Scharrharz. Das Scharrharz enthält bedeutend weniger Terpentinöl, ist mit Holzspänen vermengt und erzielt daher meist nur zwei Drittel des Preises vom Rinnharz. Die Menge des Scharrharzes hängt zumeist von dem Flächeninhalt der Lachte ab, ferner auch von der Lufttemperatur im Herbste. Herrscht im September und Oktober warmes Wetter, so wird weniger Scharrharz und dafür mehr Rinnharz gebildet.

Von je 100 kg des gewonnenen Harzes entfallen auf Scharrharz

	bei der	
	I. Kl.	II. Kl.
auf Konglomerat	42,1—45,8	53,8—62,8
„ Dolomit	41,9—53,7	41,9—68,9
„ Hallstädter Kalk	28,6—60,4	31,8—58,6

Während der Harzungsdauer ergibt sich immer ein Verlust an Stämmen teils durch Niederbruch und teils durch Vertrocknen. In Prozenten ausgedrückt stellt sich dieser Verlust

	bei der	
	I. Kl.	II. Kl.
vom 1. bis zum 4. Jahre auf	2—4	8—12
„ 5. „ „ 7. „ „	14—22	10—40.
„ 8. „ „ 12. „ „	6—10	

Ueberdies werden 3 % Eintrocknungsverlust des Rohstoffes beim Lagern und 5—6 % Einsud beim Raffinieren vom Käufer in Abzug gebracht. Im Frühjahr ist der Preis des Rohproduktes um 9—10 % höher als im Herbste.

Durch die Harzung erleidet der Höhenzuwachs eine Einbuße von rund 3%; der Rindenverlust beträgt 10—66% und der Holzverlust 20—43%. Dagegen wird das Holz knorriger und gewinnt an Qualität als Bau- und Nutzholz.

§ 46. c. Strandkiefer-Harzung. Die Strandkiefer gedeiht nur in wärmeren Klimaten und wird hauptsächlich in Frankreich, in dem Departement „des Landes", zwischen Bayonne und Bordeaux, wo sie größere Bestände bildet, ferner in Spanien und Portugal (Provinz (Estremadura), sowie an den nordafrikanischen Küsten gepflanzt. Die Harzgewinnung könnte in der gleichen Weise geschehen, wie bei der Schwarzföhre; jedoch ist in Frankreich eine Methode des Lachtenreißens [1]) (System Hugues) in Uebung, welche zweckmäßiger ist, als die österreichische. Da Pinus maritima sehr schnellwüchsig ist, so ist sie schon sehr jung (mit etwa 15 Jahren) zur Harznutzung reif, doch setzt diese in der Regel erst bei Stämmen von 25—30 Jahren ein, welche nach der dort bestehenden Forstordnung einen Stammumfang von ca. 1,1 m besitzen sollen. Je nach dem Beginn der Harznutzung wird dieselbe bis zum 45. auch 80., ja sogar bis zum 125. Lebensjahre des Baumes fortgesetzt. Ende Februar oder Anfang März wird die runzelige Rinde an jener Stelle, wo später die Lachte gemacht werden soll, auf einer Höhe von etwa 60 cm und einer Breite von 10—12 cm mit einem Schabeisen so weit verschwächt, daß der Splint nur noch mit einer dünnen, glatten, rötlich erscheinenden Rindenschichte bedeckt bleibt. Dies hat den Zweck: 1. zu verhindern, daß Rindenstücke in das Harzsammelgefäß fallen, 2. die Werkzeuge bei der Herstellung der Lachte zu schonen und 3. dem Verlaufen des Harzes in der rauhen, rissigen Rinde vorzubeugen.

Die zweite Prozedur, welche in die erste Hälfte März fällt, ist die Herstellung der Lachte. Zu diesem Behufe wird an der geschälten Stelle, etwa $^1/_3$ m über dem Boden ein Einschnitt von 10 cm Breite, 3 cm Höhe und 1 cm Tiefe gemacht. Auf dieser Höhe sickert das Harz in Tröpfchenform aus, wird von einem rinnenförmig gebogenen Zinkblechstreifen aufgenommen und in den Sammeltopf abgeleitet. Letzterer ist aus glasiertem Ton hergestellt und mit einem Nagel an dem Stamme befestigt. Sein Fassungsraum beträgt etwa $1^1/_2$ Liter. Die Blechrinne ragt über die ganze Breite der Lachte und steht $3^1/_2$ cm vor. Zur Befestigung der Blechrinne wird mit einem geschärften Vorschlageisen eine Einkerbung gemacht, die Rinne mittelst des sogenannten Steckeisens festgehalten und mit einem Hammer eingeschlagen. Die Lachte wird anfänglich jede Woche, und in den späteren Monaten von je 5 zu 5 Tagen, nach oben hin auf einer Länge von 10—12 cm aufgefrischt. Dabei darf immer nur eine äußerst dünne Schichte abgenommen werden, so daß der Eingriff in den Splint 1 cm Tiefe niemals übersteigt. Diese Auffrischung wird im Laufe eines Jahres 40—45mal wiederholt und erfordert die meiste Geschicklichkeit. Die Lachte erreicht dabei im ersten Jahre eine Höhe von 55 cm, im 2., 3. und 4. Jahre wird sie um je 75 und im 5. Jahre um 100 cm erhöht, so daß sie am Schluß des 5. Jahres die Totalhöhe von 3,8 m erreicht hat. Die Breite bleibt aber immer dieselbe und soll 9 bis 10 cm nicht übersteigen. In dem Maße, als die Lachte nach aufwärts vorrückt, wird auch die Rinne und der Sammeltopf gehoben. Darin liegt ein entschiedener Vorzug gegenüber der österr. Methode. Das Harz hat niemals einen langen Weg zurückzulegen, um in das Sammelgefäß zu gelangen, es verdunstet viel weniger Terpentinöl, man erhält weniger Scharrharz und dafür mehr Rinnharz. Auch ist das Harz reiner, weil die Töpfe gedeckt sind. Alle 15—20 Tage wird deren Inhalt in einen Kübel entleert und in die Sammelbottiche gebracht. Das Scharrharz wird zweimal im Jahre und zwar im Juni und November eingesammelt. Auf ein Faß Rinnharz (gemme) = 235 kg dürfen nicht mehr als 50 kg Scharrharz (barras) entfallen, d. s. 17,9% der Gesamtproduktion, gegen ca. 50% bei der österr. Methode.

Bezüglich des weiteren Verlaufes der Harzung unterscheidet man zwei Arten: 1. gemmage à mort und 2. gemmage à vie. Das erste Verfahren wendet man bei solchen Stämmen an, welche entweder behufs Lichtung gefällt werden müssen, oder welche schon am Ende der Nutzungsarbeit stehen. Da es unter diesen Umständen angezeigt ist, so viel Harz als möglich zu gewinnen, so werden je nach der Stärke des Stammes 2—6 Lachten gleichzeitig in Angriff genommen.

Das zweite Verfahren wird nur bei jenen Bäumen in Anwendung gebracht, welche man eine Reihe von Jahren hindurch nutzen will. Zu diesem Zwecke darf niemals mehr als eine Lachte auf einmal geöffnet werden. Wenn nach Verlauf von 5 Jahren die erste Lachte eine Höhe von 3,8 m erreicht hat, läßt man den Baum mehrere Jahre hindurch ausruhen. Sodann wird in einem Abstande von 15—20 cm von der aufgelassenen Lachte eine neue geöffnet, wieder 5 Jahre geharzt und so weiter verfahren, bis der Rundgang um den ganzen Stamm gemacht ist.

Ueber die Ausbeute pro Stamm und Jahr sind in der vorzitierten Abhandlung präzise Angaben nicht zu finden; es heißt nur, daß in den jüngeren (30—35jährigen) Beständen 240 und in den älteren (40—70jährigen) 450 kg Harz pro Hektar und Jahr gewonnen werden. Von anderer Seite wird die jährliche Ausbeute pro Stamm im Mittel von jüngeren Bäumen mit

---

1) Den Grundzügen nach entnommen aus der Notice sur le gemmage du pin maritime par M. Croizette Desnoyer, garde général de forêts; übersetzt vom Forstmeister W. Stöger in den Mitteilungen d. n. ö. Forstvereins II. Heft 1886.

etwa 3 kg, bei 60—70jährigen Stämmen mit 6—8 kg angegeben, welcher Ertrag sich bei der gemmage à mort bis zu 11 kg steigern kann.

In Spanien und Portugal wird die Seestrandkiefer nach einem Verfahren genutzt, das ungefähr die Mitte zwischen der österreichischen und französischen Methode hält. Breite Lachten, von denen das Harz über ein Traufblech in ein Gefäß abrinnt, charakterisieren kurz diese Methode.

§ 47. d. Fichten-Harzung. Die Fichte ist zwar sehr verbreitet, wird aber ihrer geringen Ergiebigkeit wegen doch nur noch selten geharzt. Die Harzgewinnung beschränkt sich hauptsächlich auf einige Distrikte in Böhmen, sowie im Thüringerwald und im Großherzogtum Baden (Schwarzwald).

Das Fichtenharz hat die Eigenschaft, an der Luft sehr bald fest zu werden. Auf ein freiwilliges Abfließen aus der Lachte sowie bei der Schwarzföhre oder Strandkiefer ist hier nicht in dem Maße zu rechnen, und muß daher eine andere Gewinnungsmethode befolgt werden. Im Mai oder Juni werden gleichzeitig 2 Lachten von je 1—1½ m Höhe und 3—6 cm Breite an den entgegengesetzten Seiten des Stammes aufgerissen. Die Lachten werden mit einem eigenartig gekrümmten Messer scharfkantig ausgeschnitten und reichen bis in den Splint. Sie sollen unten spitz zulaufen, damit kein Wasser in denselben stagnieren kann. Im Laufe des ersten Jahres überziehen sich die bloßgelegten Stellen mit Harz, welches allmählich erhärtet und im Juli des nächsten Jahres abgescharrt wird. An den Lachtenrändern bildet sich mit der Zeit eine Ueberwallung, welche den Harzaustritt beeinträchtigt und endlich ganz verhindern würde. Es müssen daher alle 2—3 Jahre die Lachtenränder erneuert werden, eine Arbeit, welche man das Flußscharren nennt. In einigen Gegenden wird das Flußscharren jährlich vorgenommen und die Lachte dabei immer um einige Zentimeter erweitert, so daß nach einer Reihe von Jahren nur mehr zwei schmale Rindenstreifen zwischen den beiden Lachten stehen bleiben. Die Erneuerung der Lachtenränder soll im Sommer vorgenommen werden, damit sich dieselben noch vor Eintritt des Winters mit Harz überziehen können und der Stamm dadurch geschützt ist. An anderen Orten macht man zuerst zwei schmale Lachten, nach zwei Jahren werden diese aufgelassen und zwischen denselben zwei neue Lachten gerissen usw., so daß auch hier schließlich nur mehr ganz schmale Rindenstreifen zwischen den einzelnen Lachten stehen bleiben. In der Regel wird die Harzung 10—15 Jahre hindurch fortgesetzt. Die Ausbeute pro Stamm und Jahr beträgt im Mittel 0,5 kg Baum- oder Bruchharz und 0,2 kg Fegespäne, sogen. Pickharz.

Das aus der Lachte ausgescharrte Harz ist am reinsten, während das über die Lachte herabgeflossene, sowie das beim Flußscharren gewonnene stets verunreinigt und daher geringwertiger ist.

Aus der im Vorhergehenden angeführten Beschreibung der praktisch geübten Methoden der Harznutzung durch das sog. Lachtenreißen ergibt sich ohne weiteres, daß ein großer Teil (bis zu 50 %) gerade der wertvollen, leicht flüchtigen Bestandteile des Harzes (das Terpentinöl) durch Verdunsten verloren geht. Zudem kommt noch, daß die durch die Lachten erzeugten Wunden des Baumes nur schwer oder auch gar nicht heilen und das freigelegte Holz leicht, infolge Austrocknung, Risse erhält, in denen sich tierische und pflanzliche Parasiten ansetzen, zum Schaden des Baumes.

Dr. H. Mayr hat daher, um diesen Uebelständen möglichst aus dem Wege zu gehen, ein Verfahren in Vorschlag gebracht, das für alle Holzarten, welche durch Lachtenreißen auf Harz genutzt werden können, gleich gut anwendbar sein soll und das nur der Erprobung durch die Praxis harrt.

Nach diesem Verfahren wird der Baum, an seiner Südostseite, im Frühjahr, etwa 30 cm über dem Boden, mittelst eines Zentrumbohrers schräg aufwärts ansteigend bis ins Holz angebohrt. Von diesem Loche aus wird mit einer Axt ein ca. 50 cm langer Einschnitt bis zum Cambium geschlagen und zu beiden Seiten dieses Schnittes die Rinde mittelst des, beim Schälen der Fichte üblichen, Schäleisens in Herzform vom Holze losgelöst, ohne hiebei aber die Rinde zu zerreißen. Etwaige Weichholzpartien, zwischen Rinde und Holz, werden bei dieser Prozedur abgeschabt. Durch Einschieben Λförmig gefalteter Blechstreifen, welche durch entsprechendes Biegen dem Stammumfange angepaßt werden können, wird ein Verwachsen der Rinde mit dem Holze vermieden und durch die schräg nach außen und unten gerichtete Stellung der Blechstreifen, das austretende Harz gegen die Peripherie und nach der Spitze der Herzform geleitet. Dort wird das Harz beiderseits von nach aufwärts gerichteten V-Blechrinnen aufgenommen und einer in das Bohrloch eingeführten, halbrunden Blechrinne zugeführt. Aus dieser tropft es in ein knapp unter der Rinne angebrachtes Gefäß, welches, um Verdunstung des Terpentinöles und Verunreinigung des Harzes möglichst zu vermeiden, mit einem kleingelochten, trichterförmigen Deckel verschlossen ist. Durch die eingeschobenen Blechstreifen wird die Rinde ausgepuckelt und so das Regenwasser, eventuell noch durch Ziehen entsprechen-

der Rillen in der Rinde, abgeleitet. Bei stark borkigen Kiefern, Lärchen oder Douglastannen wird man durch „Anröten" die Rinde für diese Methode genügend elastisch machen.

In jedem weiteren Nutzungsjahre wird diese, natürlich gedeckte Lachte in gleicher Weise nach oben verlängert und das Sammelgefäß nachgerückt, während die aufgelassenen Partien durch Festnageln der Rinde relativ rasch der Heilung zugeführt werden, ohne stark zu verkienen.

§ 48. e) Lärchen-Harzung. Die Lärche ist der Harzbaum Südtirols und der italienischen Alpen. Diese Harzung wird vornehmlich in der Umgebung von Bozen, Meran und Trient, in Mals, ferner um Briançon und im Tale St. Martin betrieben.

Der Hauptsitz des Harzes befindet sich bei der Lärche im Kernholze. Nach Wiesner sind in den Markstrahlen der Lärche zwei harzführende Interzellularräume vorhanden. Der Lärchenschaft ist sehr häufig kernschälig und zuweilen auch frostrissig. In diesen Spalten des Holzkörpers sammelt sich das Harz. Um dasselbe zu gewinnen, werden die Stämme im Frühjahr etwa $^1/_3$ m über dem Boden in etwas schräg nach aufwärts steigender Richtung angebohrt. Das Bohrloch hat ca. 3 cm Lichte, reicht bis in das Zentrum und wird mit einem Holzstöpsel verschlossen. Bis zum Herbst füllt sich die Bohröffnung mit Harz, welches sodann mit Hilfe eines halbzylindrischen Hohleisens (Räumer), ausgestochen wird, wobei man den ganzen Harzzylinder herauszieht und die Oeffnung wieder verstopft. Ein einziges Bohrloch genügt für die ganze Harzungsdauer, welche bis zu 30 Jahren ausgedehnt werden kann. Die Bäume sollen mindestens 80 Jahre alt sein, bevor sie zur Harzung benützt werden. Bäume mit starker Borke geben erfahrungsgemäß die beste Ausbeute. Der Harzertrag ist vor allem davon abhängig, ob durch das Anbohren eine oder mehrere Harzspalten getroffen wurden oder nicht; ferner auch davon, ob in einer Periode nur einmal oder ob mehrmals das Harz ausgestochen wird oder ob, wie es in manchen Gegenden Brauch ist, das Bohrloch etwa vom Frühjahr bis zum Herbst offen bleibt. Die Ausbeute variiert dann von 0,1 bis über 0,5 kg per Stamm und Jahr. Bei einzelnen starken Stämmen und offengehaltenem Bohrloch soll der Harzertrag bis zu 4 kg steigen. Das feinste Harz ist das ausgestochene; das bei offenem Bohrloche frei auslaufende Harz ist unreiner und enthält auch weniger Terpentinöl, dafür ist aber das quantitative Erträgnis ein bedeutend höheres. Trotz der durchschnittlich doch nur geringen Ausbeute ist die Lärchenharzung doch rentabel, weil sie sehr wenig Arbeit erfordert, das Harz hoch im Preise steht und die Stämme keinerlei Verunstaltung erfahren.

Alle anderen europäischen Harzbäume sind, wie schon erwähnt, von untergeordneter Bedeutung. Die Tanne ist im allgemeinen ein harzarmer Baum und wird nur im Elsaß und auch dort nur noch vereinzelt auf Harz genutzt. Der Hauptsitz des Harzes ist in der Rinde, wo Harzbeulen entstehen, die man durch Anschneiden öffnet und das ausfließende Harz in eigens geformten Gefäßen aufsammelt. Durch Anschneiden der Rinde wird in den Karpathenländern aus der Zirbelkiefer, ferner in Galizien und in Rußland aus der Kiefer (Weißföhre) Harz gewonnen. Das von der Krumholzkiefer, sowie von jungen Fichten und Föhren abtropfende Harz wird in Gestalt von kleinen Körnchen einfach am Waldboden gesammelt.

Das Schwarzföhren-, Strandkiefer- und Fichtenharz gehören zu den gemeinen Terpentinen. Die beiden ersteren sind halbflüssig und scheiden bei längerem ruhigen Stehen einen kristallinischen Bodensatz von Abietinsäure ab, über welchem die klare, gelb bis rotbraun gefärbte, honigdicke Flüssigkeit steht. Beim Strandkieferharz ist der weitaus größte Teil flüssig und klar; beim Schwarzföhrenharz hingegen der größere Teil kristallinisch. Das Fichtenharz ist fest, halbweich und gelb bis braun gefärbt.

Lärchen- und Tannenharz zählen zu den feinen Terpentinen; sie sind, abgesehen von mechanischen Verunreinigungen (hauptsächlich Luftbläschen und Wassertröpfchen), klar, frei von kristallinischen Ausscheidungen. Das Lärchenharz ist dickflüssig und geht unter der Bezeichnung „venetianischer Terpentin" in den Handel; das Tannenharz ist dünnflüssiger und führt den Namen „Straßburger Terpentin". Diese beiden besitzen einen sehr angenehmen, terpentinartigen, an Zitronen erinnernden Geruch und bitteren Geschmack. An der Luft wird der Straßburger Terpentin rascher fest als der venetianische.

Nebenbei sind noch das Wurzelpech und das Ueberwallungsharz zu nennen, welche beide zum gemeinen Harz gehören. Ersteres findet sich in Form von Platten zwischen Rinde und Holz dicker Wurzeläste der Fichte und wird in einzelnen Gegenden Böhmens gesammelt. Es ist hart, spröde und von schwefelgelber Farbe. Das Ueberwallungsharz wurde zuerst von Wiesner studiert. Es bildet sich an den Wundstellen verletzter Nadelhölzer aus dem Narbengewebe. Das Ueberwallungsharz der Schwarzföhre besteht aus dünnen Krusten oder knollenförmigen, mehrere Zentimeter großen Stücken, von bernsteinartigem Ansehen. Jenes von der Fichte ist konglomeratartig, weiß, gelb bis braun. Das Lärchenüberwallungsharz bildet halbkugel- oder plattenförmige Stücke von bernsteingelber Farbe. Es erhärtet wegen seines hohen Gehaltes an Terpentinöl nur sehr langsam.

3. Verarbeitung der Harze.

§ 49. Das Rohharz findet als solches nur beschränkte Verwendung; es dient hauptsächlich nur für medizinische Zwecke, zur Herstellung von Verbandstoffen

und Pflastern. Die weitaus größte Menge des Rohharzes wird auf Harzprodukte verarbeitet. Die wichtigsten derselben sind: Terpentinöl und Kolophonium. Aus letzterem werden sodann durch trockene Destillation verschiedene Harzöle hergestellt. Wird das Terpentinöl ganz abdestilliert, so verbleibt im Rückstand Kolophonium. Wird hingegen nur ein Teil des Terpentinöles abgetrieben, so hinterbleibt eine dickflüssige Masse, welche als gemeiner Terpentin in den Handel geht.

In den primitiv eingerichteten Pechhütten wird die Destillation in kupfernen Kesseln mit abnehmbarem Helm über freiem Feuer vorgenommen. Um das Terpentinöl leichter zu trennen, wird in das geschmolzene Harz Wasser eingerührt, welches beim Verdampfen das Terpentinöl mit fortreißt. Die Destillationsprodukte werden durch einen Kühler geleitet und in einer Vorlage (nach Art der Florentinerflaschen) aufgesammelt, wo sich das Terpentinöl vom Wasser trennt. Nachdem das Terpentinöl abgetrieben ist, verbleibt im Kessel das sogenannte Wasserharz oder Weißpech. Dasselbe enthält noch eine beträchtliche Menge Wasser in Form sehr kleiner Tröpfchen und bildet beim Erstarren eine trübe, hellgelb bis braun gefärbte Masse. Es dient zum Leimen des Papiers und als Dichtungsmittel für Fässer, aber nicht als Brauerpech. Um Kolophonium daraus darzustellen, muß das Wasser vollständig verdampft werden. Zu diesem Behufe wird der Helm abgenommen und der Kesselinhalt so lange erhitzt, bis er durchsichtig geworden ist. Sodann hebt man den Kessel aus dem Feuerherd heraus und gießt das Kolophonium durch Draht- oder Strohhürden in Fässer oder Kisten. Die mechanisch beigemengten Verunreinigungen, namentlich Holzspäne und Rindenstücke, bleiben auf den Hürden zurück. Die schwereren, erdigen Verunreinigungen finden sich in der Schmelze als Bodensatz, welcher separat ausgestoßen und, wenn eine größere Partie vorhanden ist, durch Umschmelzen und Abseihen gereinigt wird.

Dieses Verfahren eignet sich nur zur Erzeugung von ordinärem, dunkelgefärbtem Kolophonium, weil die Erhitzung des Kesselinhaltes eine sehr ungleichmäßige ist. An den überhitzten Kesselwänden wird immer ein Teil des Harzes zersetzt und die ganze Masse dadurch trüb und tief dunkelbraun gefärbt. Ueberdies ist auch die Ausbeute an Terpentinöl eine geringere.

Bei rationeller Arbeit wird das Rohharz zunächst geschmolzen und durch ein Sieb filtriert. Das Filterreservoir ist doppelwandig für die Dampfheizung und mit einem aushebbaren Siebeinsatze versehen. Es ist mit dem Destillierkessel durch ein Rohr verbunden, so daß das filtrierte Rohharz im warmen flüssigen Zustande direkt in den Destillierkessel gelangt. Derselbe ist aus Eisenblech hergestellt, mit einem Dampfmantel und überdies auch noch mit direkter Dampfeinströmung versehen. Der Boden ist trichterförmig vertieft, damit das Kolophonium leicht und vollständig abgelassen werden kann. Die Destillation wird am vorteilhaftesten unter Druckverminderung vorgenommen, welche ein Dampfstrahlgebläse bei der Einmündung des Helmrohres in den Kondensator veranlaßt. An Stelle des Schlangenkühlers ist ein Kondensator mit mehreren ineinander gesteckten zylindrischen Einsätzen angebracht, zwischen denen das Kühlwasser zirkuliert. Vorlauf und Hauptdestillat können separat aufgesammelt werden. Mit Hilfe dieser Vakuum-Einrichtung wird nicht nur die Filtration des Rohharzes wesentlich beschleunigt und das Einfüllen in den Kessel erleichtert, sondern auch die Ausbeute an Terpentinöl erhöht und ein reineres Produkt erhalten, weil die Destillation bei niedrigerer Temperatur erfolgt.

Die Ausbeute an Terpentinöl und Kolophonium ist sehr verschieden, je nach der Abstammung und Qualität des Rohharzes. Gewöhnlich werden zwischen 15—30% Terpentinöl und 65—75% Kolophonium erhalten; 5 bis 10% sind Ver-

unreinigungen (Wasser, Rindenstücke, erdige Teile etc.) und Verlust. Nach der Ausbeute an Terpentinöl nehmen die in Europa gewonnenen Harze folgende Rangordnung ein: Tannen-, Lärchen-, Strandkiefer-, Schwarzföhren- und endlich Fichtenharz als das ärmste.

4. Harzprodukte.

§ 50. a. Das Terpentinöl besteht aus einem Gemenge von Kohlenwasserstoffen; der Hauptbestandteil ist das Pinen $C_{10}H_{16}$. Im rohen Produkt, welches durch Destillation über freiem Feuer erhalten wurde, finden sich auch Zersetzungsprodukte des Kolophoniums (Retinnaphta C_7H_8, Siedepunkt 108°, Retinyl C_9H_{12}, Sdpt. 150°, Retinol C_8H_8, Sdpt. 180° C.), ferner Harzsäuren etc. Um das Oel zu reinigen, wird es mit Kalkwasser vermischt und nochmal mit Dampfheizung destilliert (rektifiziert). Aber auch das so gereinigte Oel besitzt je nach seiner Abstammung noch verschiedene Eigenschaften.

Frisch dargestellt ist das Terpentinöl farblos, dünnflüssig und von eigentümlichem Geruch. Das französische Oel riecht nach Wachholder, das amerikanische kolophoniumartig. Die Dichte bei gewöhnlicher Temperatur variiert von 0,855—0,886. Es polarisiert teils nach rechts und teils nach links. Der Siedepunkt liegt zwischen 150 und 165° C.; trotzdem verdunstet es aber doch schon bei gewöhnlicher Temperatur ganz merklich. Der restierende Teil nimmt Sauerstoff aus der Luft auf und bildet sich ein Aldehyd ($C_{10}H_{16}O_3$) von scharfem Geruch. Bei weiter fortschreitender Oxydation verdickt es sich, wird nach und nach ganz fest, spröde, kolophoniumartig, schwach gelb und zeigt eine saure Reaktion. Der absorbierte Sauerstoff wird in Ozon verwandelt und leicht auf andere Substanzen übertragen, so daß das Terpentinöl in Lack- und Firnisanstrichen nicht nur als Verdünnungsmittel, sondern auch als Oxydationsmittel wirkt. Durch die Gegenwart von Wasser wird die Oxydation beschleunigt. Terpentinöl und seine Dämpfe sind leicht brennbar und verbrennen mit roter, stark rußender Flamme. Terpentinöl ist in Wasser unlöslich, dagegen löslich in Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff, Benzol, Petroleumäther etc. Unter der Einwirkung von Sonnenlicht und Luft resp. Sauerstoff bildet sich aus feuchtem Terpentinöl Pinolhydrat $C_{10}H_{16}O_2$, ein je nach den angewendeten Lösungsmitteln in Blättchen oder Nadeln kristallisierender Körper, welcher auch in einigen Pinusarten vorgefunden wurde. Mit Chlorwasserstoffgas gibt es eine weiche, knetbare Verbindung $C_{10}H_{16}HCl$ — Pinenhydrochlorid —, aus welcher, wie schon erwähnt, der künstliche Kampfer erzeugt wird.

Terpentinöl ist ein gutes Lösungsmittel für viele Harze, Wachs, Fette, Kautschuk, Schwefel und Phosphor. In der Industrie findet es vielfache Verwendung, namentlich zur Lack- und Firnisbereitung. In der Medizin dient es für innerlichen und äußerlichen Gebrauch. Nicht selten benützt man das Terpentinöl auch als Verfälschungsmittel für diverse ätherische Oele.

§ 51. b. Das Kolophonium zeigt je nach der Art der Darstellung sehr verschiedene Eigenschaften. Es ist entweder vollkommen durchsichtig, durchscheinend oder fast undurchsichtig. Das Klarwerden der geschmolzenen Masse basiert auf der Umwandlung der kristallisierten Abietinsäure in das amorphe Anhydrid derselben. Die Farbe geht von blaßgelb, goldgelb, rotgelb durch alle Nuancen bis in tief dunkelbraun, fast schwarz. Auch bezüglich der Härte des Kolophoniums gibt es verschiedene Abstufungen. Manche Sorten sind so weich, daß sie den Eindruck mit dem Fingernagel annehmen; die meisten hingegen besitzen eine solche Härte, daß sie erst mit Eisen geritzt werden können. Das harte Kolophonium ist fast geruch- und geschmacklos, glasartig glänzend, sehr spröde, läßt sich leicht pulvern. Bei 70° C. wird es weich, zwischen 100 und 135° C. schmilzt es. Das spezifische Gewicht beträgt 1,045—1,108 bei 15° C. Hinsichtlich der Löslichkeit steht das Kolophonium ungefähr auf gleicher Stufe wie das Harz. Nach den Untersuchungen von Perrenaud enthält das amerikanische Kolophonium aus dem Stammharze von Pinus strobus und P. picea, sowie jenes aus dem Wurzelharze von P. sylvestris Abientisäure, während das Kolophonium aus dem Stammharze von P. sylvestris und aus dem Galipol Pimarsäure enthält.

Das Kolophonium als solches dient zur Kitt-, Siegellack- und Firniserzeugung, als Geigenharz, zur Herstellung von Harzseifen und Brauerpech; ferner werden, wie schon erwähnt, verschiedene Harzöle daraus dargestellt.

Besondere Erwähnung verdienen die beiden letztgenannten Produkte, da deren Herstellung mit der Harzgewinnung unmittelbar zusammenhängt und die eigentliche Harzindustrie bildet.

§ 52. c. Das Brauerpech dient zum Auspichen der Bierfässer. Der innere Pechüberzug ist notwendig, um das Faß vollkommen zu dichten, dem Austreten der Kohlensäure und Eindringen der Luft vorzubeugen und ferner eine gründliche Reinigung vornehmen zu können. In einem unausgepichten Fasse würde das Bier in das Holz eindringen und einen Holzgeschmack annehmen. Beim Ausschmelzen des alten und Ersatz desselben durch neues Pech wird hingegen eine so gründliche Reinigung erzielt, wie sie auf anderem Wege gar nicht zu bewerkstelligen ist. Das Kolophonium als solches ist zum Auspichen nicht ohne weiteres geeignet, weil es zu spröde ist und von den Faßwänden abspringt. Um es geschmeidiger zu

machen, wird es mit gewissen Zusätzen versehen und dieses Produkt heißt Brauerpech. Als Zusätze werden Harzöl, Leinöl, Kottonöl, Paraffin, reiner Preßtalg und dgl. verwendet und zwar in einer Menge von etwa 8—10%. Das Kolophonium wird in einem offenen Kessel geschmolzen und der Zusatz eingerührt, so daß eine gleichmäßige Mischung entsteht. Die Fabrikation ist also sehr einfach.

Gutes Brauerpech muß nahezu geruch- und geschmacklos sein, der Schmelzpunkt soll zwischen 40—50° C. liegen; es darf beim Schmelzen nicht schäumen und nach dem Erkalten weder zu weich noch zu spröde sein. In 4°₀igem Weingeist muß es unlöslich und in absolutem Alkohol vollständig löslich sein. Der Aschengehalt darf 0,3% nicht übersteigen. Die Farbe ist verschieden von goldgelb bis tiefbraun und an sich bedeutungslos, nur dürfen Farbstoffzusätze nicht vorhanden sein. Die hellen Pechsorten sind in der Regel ganz durchsichtig (sog. Transparentpech), die dunkleren durchscheinend bis undurchsichtig. Doch ist auch diese Eigenschaft für den Gebrauchswert gleichgültig; das wichtigste ist, daß das Pech keinen Geruch oder Geschmack an das Bier abgibt, was sich durch eine ganz einfache Probe konstatieren läßt. Zwei oder drei gut gereinigte und vollkommen ausgetrocknete Bierflaschen werden im angewärmten Zustande mit Pech ausgegossen, so daß nur eine ganz dünne Schichte desselben an der Glaswand haften bleibt. Nach dem Erkalten werden diese Flaschen mit geschmackreinem Bier gefüllt, verkorkt und mehrere Tage bei Zimmertemperatur oder im Eiskasten stehen gelassen. Da hier eine relativ große Pechoberfläche mit dem Bier in Berührung kommt, so läßt sich bei der Kostprobe schon nach 3 oder 4 Tagen jeder, auch der geringste Geruch- oder Geschmacksfehler deutlich erkennen. Des Vergleiches wegen muß auch immer eine Probe desselben Bieres in einer nicht ausgepichten Flasche mit in Beobachtung genommen werden.

§ 53. d. Als Harzöle bezeichnet man mehrere ölartige Flüssigkeiten, welche durch trockene Destillation aus Kolophonium erhalten werden.

Die Destillationseinrichtung bestand früher aus einem gußeisernen Destillierkessel von zylindrischer Gestalt mit schalenförmig vertieftem Boden, gewölbtem Deckel mit Abzugrohr (Rüssel) für die Oeldämpfe, welches mit einem Schlangenkondensator verbunden ist. Die Heizung erfolgte mit direktem Feuer, wozu man neben Kohle und eventuell Holzabfällen auch die Destillationsgase mit verwendete.

Heute wird in allen rationell arbeitenden Fabriken die Destillation des Kolophoniums in Apparaten ausgeführt, welche entweder ausschließlich mit Dampf (direkt oder indirekt), auch überhitztem Dampf, oder mit Dampf und Feuergasen geheizt werden. Die Destillationsgase werden aus dem Apparat abgesaugt und mit als Heizmaterial verwendet, wodurch sie erstens einmal für die Nachbarschaft unschädlich gemacht werden, dann aber auch eine nicht zu unterschätzende Brennstoffersparnis erzielen lassen. Die Apparate sind für periodischen oder kontinuierlichen Betrieb und zur Vorwärmung des Kolophoniums, sowie zur Fraktionierung und Rektifikation der Destillationsprodukte eingerichtet.

Von Krämer und Flammer wurde ein Apparat konstruiert, in welchem die Destillation durch überhitzten Dampf, Feuergase und Vakuum betrieben wird, durch welch letzteres eine raschere Destillation und bessere Qualität der Produkte erzielt wird, weil man mit geringeren Temperaturen das Auslaugen findet. Die Einrichtung der Dampfdestillations-Anlagen stimmt dem Wesen nach mit der für direkte Feuerung überein. Sie besteht somit aus Destillierblasen und Kondensiervorrichtungen, welche aber je nach der Art der Feuerung, Durchführung des Betriebes und Qualität der Produkte etc. entsprechend ausgestattet sind [1]).

Die Vorteile der Dampfdestillation lassen sich kurz folgendermaßen zusammenfassen:

1. Einfacher und rationeller Betrieb.
2. Präzise Temperatur-Regulierung.
3. Hohe Qualität der Produkte.
4. Rasche Destillation.
5. Leichte Ueberwachung des Ganges der Destillation.
6. Vermeidung von Feuers- und Explosionsgefahr.
7. Schonung der Destillierapparate.

1) Näheres in: Andés, Die Harzprodukte, Schweizer, Die Destillation der Harze u. a.

Behufs Durchführung der Destillation wurde bei den alten Apparaten mit Feuerkochung das Kolophonium durch die Füllöffnung in den Destillierkessel, bis zu $^3/_4$ max. $^4/_5$ von dessen Fassungsraum, eingebracht und zunächst bei offenem Mannloch geschmolzen, um ein starkes Schäumen und Steigen der Masse beobachten und nötigenfalls durch Abschöpfen verhindern zu können. War die Masse in ruhigem Fluß (ca. 140 ° C.), so wurde das Mannloch verschlossen und mit der Destillation begonnen.

Bei den Apparaten mit Dampfheizung wird das Kolophonium im Vorwärmer, welcher mit der unter ihm liegenden Destillierblase durch ein Rohr in Verbindung steht, durch Anheizen des ganzen Apparates geschmolzen und in diesem Zustande dem Destillierkessel nach Bedarf zugeführt.

Der Beginn der Destillation des Harzes gibt sich durch ein eigentümlich prasselndes Geräusch zu erkennen, hervorgerufen durch den Wasserdampf, welcher sich aus dem dem Harze anhaftenden Wasser bildet und durch die flüssige Masse Bahn bricht.

Zuerst geht bei einer allmählich bis zu 270° C. ansteigenden Temperatur der sogenannte Vorlauf über, d. i. Sauerwasser mit Pinolin. Ist der Vorlauf zu Ende, so wird die Temperatur gesteigert und es beginnt die Oeldestillation. Das von etwa 290° C. aufwärts übergehende Oel ist trüb, dunkelbraun und besitzt einen scharfen, durchdringenden Geruch. Nach dem trüben Oel folgt klares, wasserhelles bis schwach gelbgefärbtes Oel von mildem, angenehmem Geruch, „sog. Mittel- oder Blondöl". Bei fortgesetzter Temperaturerhöhung folgt das Blauöl und schließlich, über 350—360° C., das Grünöl. Im Destillierkessel verbleibt ein koksartiger Rückstand.

Die Ausbeuten betragen:

6—8% Vorlauf
4— 5% trübes Oel
50—55% helles Oel
15—20% Blauöl
6— 7% Grünöl

Das auf 100 fehlende ist Koks und sind die Gase, welche entweichen.

Der Vorlauf besteht ungefähr zur Hälfte aus Sauerwasser und zur Hälfte aus leichtem Harzöl (Pinolin). Ersteres enthält verschiedene organische Säuren, vornehmlich Essigsäure, wird aber in der Regel nicht weiter verwertet. Beim Stehenlassen scheidet sich das leichte Oel an der Oberfläche ab und wird durch Abziehen vom Sauerwasser getrennt. Das Rohpinolin ist braun gefärbt und riecht sehr unangenehm. Behufs Reinigung wird es mit Natronlauge gemischt, um die Säure zu neutralisieren, sodann mit Wasser gewaschen und nochmals destilliert. Um ein ganz reines Produkt zu erhalten, muß die Destillation mit direkter oder indirekter Dampfheizung geschehen und wird zuweilen auch Holzkohle zugegeben, welche den Rest der unangenehm riechenden Beimengungen aufnimmt. Derartig raffiniertes Pinolin ist wasserhell, riecht mild aromatisch, besitzt eine Dichte von 0,860—0,900 und steht in seinem Gebrauchswert auf gleicher Stufe mit dem Terpentinöl. Es kommt unter der Bezeichnung „Harzsprit" oder „Harzessenz" in den Handel.

Das zweite Produkt „das trübe Oel" ist ein Gemisch von Harzöl mit Vorlauf. Eine scharfe Trennung dieser beiden ist bei der erstmaligen Destillation jedoch nicht möglich. Auch bleibt bei der Rektifikation des Pinolins mit Dampfheizung immer etwas Harzöl im Rückstande. Bei der Aufarbeitung wird dieses Gemisch mit Lauge und Wasser gewaschen und dient dann entweder für sich allein oder mit Blauöl gemischt zur Wagenfetterzeugung oder zur Bereitung von Kalkseife.

Das dritte Produkt, das helle Oel oder Blondöl ist das wertvollste und wird auch in größter Menge erhalten. Es kann schon im rohen Zustande zur Wagenfetterzeugung und als Schmieröl verwendet werden; vorteilhafter ist es aber, dasselbe einer Raffination zu unterziehen, wodurch sein Gebrauchswert bedeutend erhöht wird.

Das rohe Blondöl muß im frischen Zustande, womöglich unmittelbar nach der Destillation, raffiniert werden. Zu diesem Zwecke wird das Rohöl zunächst mit heißem Wasser gewaschen, nach Scheidung der beiden Schichten abgezogen, durch Einleiten von direktem Dampfe zum gleichmäßigen Aufwallen gebracht und so viel Natronlauge zugesetzt, als zur vollständigen Bindung der Harzsäure notwendig ist. Sobald die Verseifung (resp. Entharzung) erfolgt ist, was man an der Klärung und scharfen Trennung des Oeles in einer herausgenommenen Probe erkennt, muß die Waschflüssigkeit sofort abgezogen werden, da sich sonst wieder etwas von der Seife löst und das Oel dunkel färbt. Es wird mit Wasser, unter Zuhilfenahme von direkter Dampfeinströmung, wiederholt gewaschen und sodann in den Oxydationsapparat

abgelassen. Hier wird das Oel in einer 80 bis 100 cm hohen Schichte durch Einblasen von Luft, unter gleichzeitigem Anwärmen, mehrere Stunden hindurch oxydiert, wobei es den blauen Schimmer verliert. Ein Zusatz von 10—15% Salzwasser während des Oxydationsprozesses ist vorteilhaft, weil dieses die entstehenden Brandharze aufnimmt. Das raffinierte Oel ist harzfrei, vollständig blank, blaßgelbgrün und nahezu geruchlos. Die Fluoreszenz ist aber nicht ganz wegzubringen. Das Rohöl fluoresziert blau und das raffinierte grün. Die Dichte ist bei 15° C. = 0,960—0,965; der Flammpunkt liegt bei 135—140° C.; der Brennpunkt bei 180—185. Bei 300° C. destilliert es fast vollständig über. Es trocknet rasch, riß- und klebfrei und findet vielfache Verwendung zur Firnis- und Lackfabrikation, namentlich zur Herstellung von Druckerschwärze, Eisenlack, Holz- und Mauerglasur, ferner als Schmiermittel, zur Herstellung von Ledersalbe, medizinischen Salben, künstlichem Tran, zur Erzeugung von Linoleum, Isoliermassen für elektrische Leitungen, als Zusatz für Brauerpech, Seife und Parfümerieartikel usw.

Als Nebenprodukt bei der Raffinierung wird die Harzseifenlauge gewonnen, aus welcher durch Aufkochen mit Dampf und Einleiten von Kohlensäure eine zähflüssige Harzmasse, sogen. „Dicköl" abgeschieden werden kann, welches zur Wagenfettfabrikation dient. Die durch Zersetzung der Seife entstehende Sodalauge kann neuerlich kaustiziert und wieder benutzt werden.

Wird die Oxydation nicht in offenen Gefäßen, sondern in geschlossenen Reservoiren vorgenommen, so können auch die dabei entweichenden leichten Oeldämpfe abgesaugt und kondensiert werden.

Sehr praktische Einrichtungen für diesen Zweck, sowie auch für die Destillation des Harzes und Raffinierung der Harzöle hat F. Boleg konstruiert und in der Chem. Revue über Fett- und Harzindustrie 1897 beschrieben.

Das Blauöl kann in gleicher Weise raffiniert werden, wie das Blondöl.

Das Grünöl, welches als letztes Produkt übergeht, wenn die Destillation bis auf Verbleiben eines Koksrückstandes fortgesetzt wird, kann ebenfalls zur Wagenfetterzeugung verwendet werden. Da aber dieser Koks nahezu wertlos ist und sich selbst zur Feuerung nicht gut eignet, wird die Destillation in der Regel nicht bis zum Schluß fortgesetzt, sondern unterbrochen, sobald das Blauöl übergegangen ist. Es verbleibt sodann im Destillierkessel eine schwarzbraune, matt bis glänzende, beim Erkalten spröde werdende Masse, das sog. „Pech". Dasselbe wird im heißen, flüssigen Zustande aus dem Kessel abgelassen, in Holzkübel oder Lehmformen gegossen und findet zur Herstellung von Schmiede-, Schuster-, Bürsten- und Schiffspech Verwendung.

Sachregister zu Abschnitt VI bis IX.

Die Zahlen bezeichnen die Seiten.